UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA – CUAJIMALPA

POSGRADO EN CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

LOS LÍMITES DEL CAPITAL EN LA *LONGUE DURÉE*, VOL. 2: LÍMITES BIOFÍSICOS DEL CAPITAL

TESIS

Que para obtener el título de Doctor en Ciencias Sociales y Humanidades

PRESENTA:

RODRIGO RAFAEL GÓMEZ GARZA

Director: Dr. Leonardo Díaz Abraham

Tutores:

Dra. Laura Carballido Coria

Dr. Jorge Lionel Galindo Monteagudo

Sínodo:

Dr. Ignacio López Moreno

Dr. Ignacio Rubio Carriquiriborde

UAM CUAJIMALPA, 2020.

Para mi Padre, por el pasado.

Para Carolina, por el futuro.

ÍNDICE

- **Agradecimientos. (p. 6)**
- **Introducción. (p. 7)**

- **Capítulo I - De Leyes y Límites del Capitalismo.**

1.1. ¿Qué es el capitalismo? (p. 16)

1.1.1. Lo *formalmente* capitalista. (p. 18)

1.1.2. Lo *específicamente* capitalista. (p. 22)

1.2. Las leyes del desarrollo capitalista según Karl Marx. (p. 26)

1.2.1. La ley del valor. (p. 27)

1.2.2. La ley general de la acumulación capitalista. (p. 32)

1.2.3. La ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia. (p. 36)

1.3. Los límites del capital según Immanuel Wallerstein. (p. 42)

1.3.1. El límite económico. (p. 44)

1.3.2. El límite demográfico. (p. 48)

1.3.3. El límite geográfico. (p. 51)

1.3.4. El límite ecológico. (p. 54)

1.3.5. El límite político. (p. 57)

1.3.6. El límite social. (p. 61)

1.3.7. El límite civilizatorio. (p. 65)

1.4. Conclusiones. (p. 68)

- **Capítulo II - Breve panorámica del Antropoceno (circa A. D. MMXX)**

2.1. Introducción. (p. 72)

2.2. Atmósfera. (p. 82)

2.2.1. Gases de Efecto Invernadero. (p. 82)

2.2.2. Ozono atmosférico. (p. 92)

2.2.3. Aerosoles y otros contaminantes. (p. 93)

2.3. Hidrósfera. (p. 94)

2.3.1. Océanos. (p. 94)

2.3.2. Agua dulce. (p. 102)

2.4. Criósfera. (p. 110)

2.4.1. Casquetes polares. (p. 110)

2.4.2. Glaciares. (p. 112)

2.4.3. Permafrost. (p. 113)

2.4.4. Nivel del mar. (p. 115)

2.5. Biósfera. (p. 116)

2.5.1. Especies. (p. 116)

2.5.2. Ecosistemas. (p. 119)

2.6. Litósfera. (p. 122)

2.6.1. Breve caracterización del *imperialismo extractivo*. (p. 122)

2.6.2. Degradación de suelos. (p. 129)

2.6.3. Agotamiento de hidrocarburos. (p. 131)

2.6.4. Agotamiento de minerales. (p. 132)

2.7. La Gran Aceleración. (p. 135)

2.8. Conclusiones. (p. 142)

- **Capítulo III – La economía del Antropoceno**

3.1. Introducción. (p. 145)

3.2. Preámbulo. (p. 150)

3.2.1. El Club de Roma y sus "Límites del Crecimiento" (p. 150)

3.3. La imposibilidad de un capitalismo verde. (p. 156)

3.3.1. La Paradoja de Jevons. (p. 156)

3.3.2. El mito de la "eficiencia, la sustitución y la innovación" como panacea. (p. 162)

3.4. Costos de la transición energética. (p. 167)

3.4.1. Sobre la Tasa de Retorno Energético. (p. 167)

3.5. Costos del cambio climático. (p. 183)

3.6. Sobre las alternativas. (p. 189)

3.6.1. El fracaso del Desarrollo Sustentable. (p. 189)

3.6.2. Sobre el Decrecimiento. (p. 204)

3.6.3. Sobre la Economía Circular. (p. 208)

3.7. Conclusiones. (p. 220)

- **Conclusiones y reflexiones finales. (p. 223)**
- **Bibliografía (p. 231)**

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar por agradecer a la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, por recibirme una vez más y permitirme continuar el esfuerzo intelectual que comencé en estudios de maestría. De igual manera agradezco el apoyo otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de su programa de becas, sin el cual hubiera sido difícil tomar la decisión de continuar mi preparación a nivel doctorado.

Mi más grande reconocimiento va para Leonardo Díaz Abraham, mi director de tesis desde el proyecto de maestría y quien tuvo la amabilidad de continuar asesorándome poniendo gran esfuerzo y atención en llevar este proyecto a su adecuada conclusión, sin su constante aliento y camaradería esto no hubiera sido posible.

Asimismo, extiendo un enorme agradecimiento a la Dra. Laura Carballido Coria y al Dr. Jorge Lionel Galindo Monteagudo por aceptar ser miembros de mi Comité Tutoral y hacerme la vida más sencilla con su trato amable y oportuno, además de por sus consejos y enseñanzas como profesores que han tenido un impacto bastante positivo en mi desarrollo intelectual desde que los conocí hace algunos años mientras estudiaba la maestría.

Agradezco al Dr. Ignacio López Moreno y al Dr. Ignacio Rubio Carriquiriborde por aceptar ser parte del sínodo en mi examen profesional, así como por sus amables comentarios y correcciones a mi trabajo. De igual manera extiendo un agradecimiento al Dr. Daniel Inclán y a la Dra. Mariana Peimbert por ser jurados en mi examen de candidatura.

Por último, debo mencionar que me siento afortunado de contar con una gran familia y la amistad de varios personajes que dan color a mi existencia, quienes siempre han sido la motivación detrás de todo lo que hago. Algunos de ellos ya no están conmigo ya sea por distancia o tragedia pero a todos los guardo en mis recuerdos como combustible de mi día a día. A todos ustedes, quienes son parte de mí, no puedo agradecerles lo suficiente.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desprende de una pregunta de investigación que he arrastrado desde mi tesis de licenciatura y traté de responder a grandes rasgos en estudios de maestría, a saber: ¿puede pensarse el fin del capitalismo y de ser así es posible adelantarse al análisis de su derrumbe? Esta pregunta de investigación es tal vez la pregunta que está (o debería estar) en el centro mismo del pensamiento marxista desde que Karl Marx popularizara sus teorías a mediados del siglo XIX, sin embargo buena parte del pensamiento marxista contemporáneo parece preocuparse más por cuestiones de índole política o artística y entrados en el nuevo milenio parece haber una escasez teórica de trabajos de larga duración en la línea de la economía marxista que problematicen la posibilidad o imposibilidad del fin del capitalismo (al estilo en que lo hiciera por ejemplo Ernest Mandel o Paul Mattick).

Así pues, en mi investigación anterior (volumen 1) intenté recapitular el debate que desde el siglo XIX se ha tenido sobre el derrumbe del sistema capitalista (casi exclusivamente entre autores marxistas no por otra razón que por ser los únicos que piensan al capitalismo como un modo de producción finito) y me vi obligado a extraer la teoría de fondo que existe en Marx para poder pensar un evento de este calado, ya que pronto descubrí que el centro del debate sobre el derrumbe se dirimía en la existencia de "leyes" del funcionamiento del sistema capitalista que harían que este particular modo de producción terminara (o no) por caer. Asimismo, a manera de continuación contemporánea de las *teorías del derrumbe* también me di a la tarea de unir dicha tradición teórica con la obra de Immanuel Wallerstein, tal vez el autor marxista más relevante de las últimas décadas en lo tocante a la idea del derrumbe y quien pensó el fin del capitalismo a partir del concepto de "límites".

Con este preámbulo y dada la importancia del trasfondo teórico que logré sintetizar en mi tesis de maestría[1] es que en un *primer capítulo* de esta tesis de doctorado hago una breve recapitulación de los postulados más importantes de aquella investigación. Así, empezando por los postulados de Marx para entender a grandes rasgos qué es lo que hace al capitalismo ser capitalismo analizo cuáles son las leyes de desarrollo que este sistema ha seguido en su evolución secular para convertirse en el ente mundializado que conocemos

[1] Publicada como libro en 2018. Cfr. Gómez G., Rodrigo R., *De leyes y límites del capitalismo en la larga duración*, Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, México, 2018. (ebook)

hoy. Describo las tres leyes principales de su desarrollo histórico: 1)la ley del valor; 2) la ley general de la acumulación capitalista; 3) la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia.

-*La primera ley* es la que explica cómo toda producción social tiende a convertirse en mercancía (y en específico en mercancía dinero) y cómo se da la explotación clasista entre obreros y capitalistas (a través de la extracción de plusvalor o trabajo impago).

-*La segunda ley* parte de la primera y analiza la tendencia del capital a expandirse (en escalas tanto extensivas como intensivas) como condición de reproducción basada en la ganancia y la competencia, donde lo que importa es la reproducción dineraria y no la producción planificada que apunte a la reproducción de la vida, es decir, la reproducción del sistema se desconecta de la reproducción del sistema básico social de necesidades.

-*La tercera ley*, basada en las dos primeras pero potenciándolas, explica cómo en la búsqueda de ganancia y mayor extracción de plusvalía los capitales invierten cada vez más en innovación tecnológica y menos en fuerza de trabajo lo que lleva a productos más baratos por unidad, fenómeno que obliga a los capitales a producir en escalas cada vez más grandes para compensar con masa el descenso en la ganancia por mercancía. Es en esta lucha por cada vez más ganancia que la competencia obliga a este ciclo interminable de innovación tecnológica en la que la inversión en maquinaria y en fuerza de trabajo (que disminuye sólo en términos relativos pero no absolutos) son progresivamente mayores a lo que crece en proporción la ganancia, por tanto aunque la "masa" de ganancia crece la "tasa" de ganancia disminuye. La producción alentada por la competencia continúa con este patrón hasta que se generan las ya conocidas crisis de sobreproducción de capital y el sistema tiene que reiniciarse.

Sobre la base de lo planteado por Marx (sin dejar de lado los aportes de Friedrich Engels) es que pasamos a analizar el concepto de *límite* presente en la obra de Immanuel Wallerstein. Extrayendo con cuidado la teoría presente en sus textos es que llegué a conceptualizar siete *límites al desarrollo del capitalismo*: 1) económico, 2) demográfico, 3) geográfico, 4) ecológico, 5) político, 6) social, 7) y civilizatorio. La idea general es que cada uno de estos límites en conjunción con los demás han puesto en jaque la reproducción del sistema capitalista en la larga duración. Recapitulando de manera sintética:

-*Lo económico* asfixia al capital desde el incremento secular de tres costos de producción que reducen la ganancia: insumos, salarios e impuestos.

-*Lo demográfico* juega un rol desde el concepto de "proletarización de la humanidad", que lleva a que el capital deba asegurar la reproducción de la clase obrera en conjunto exclusivamente a través del pago de salarios, la figura del "semiproletario" que puede tener un salario reducido porque compensa su reproducción con métodos de producción precapitalistas (de autoconsumo) está desapareciendo, lo que ha obligado a un aumento progresivo de los salarios reales en la larga duración en detrimento de la ganancia capitalista.

-*Lo geográfico* se desprende de lo anterior, el mundo del siglo XXI se aproxima a una totalización del capitalismo en el espacio (intensiva y extensivamente), lo cual hace que la vieja táctica del capital de buscar ganancias extraordinarias expandiéndose a zonas vírgenes tope con un límite provocando que la lucha por el espacio entre potencias económicas se vuelva más salvaje de lo habitual.

-*Lo ecológico* juega un rol obvio, en primer lugar la crisis medioambiental lleva a que la reproducción capitalista se ponga en entredicho al comprometer la reproducción de la base material de la que depende. Históricamente el capital había hecho uso del ambiente sin pensar en su reproducción por lo que no es hasta finales del siglo XX que comienza a verse un incremento en costos para el capital desde el frente de la reposición-sustitución-reparación del ambiente. Asimismo, la creciente escasez de recursos básicos para la producción (minerales, energéticos, etcétera) es fehaciente, indudable, por lo que el mundo capitalista del siglo XXI se verá cada vez más frente a frente con el dilema de cómo asegurar su reproducción.

-*Lo político* aparece de la mano del sistema de estados, el cual no ha dejado de engordar durante al menos quinientos años, pero en especial durante el siglo XX donde las demandas de empresarios y en general de la población civil comienzan a crecer a ritmos acelerados conforme desaparecen las poblaciones que caen fuera de la influencia de lo capitalista. Este creciente número de responsabilidades absorbidas por el Estado juega también un papel importante en asfixiar la ganancia capitalista que siempre ha dependido del apoyo de estados fuertes como principales inversionistas.

-*Lo social* más que un límite ya visible en el horizonte (como lo es con los demás) es una promesa incumplida de la tradición marxista que cree en la emancipación a través de la

acción revolucionaria. Luego del desencanto histórico con la idea del progreso liberal, del fracaso de las revoluciones socialistas y de los procesos de reforma socialdemócrata, surgen movimientos antisistémicos que intentan cumplir con aquella promesa de emancipación a través de distintas vertientes: a través de movimientos que apuntan ya no a tomar el poder del estado sino a cambiar la estructura del sistema absorbiendo poco a poco espacios de reproducción del capital; a través de manifestaciones de corte más distópico que decepcionados con las promesas de la modernidad se cobijan en movimientos fundamentalistas o enclaves de criminalidad; o a través de la reconfiguración de "proyectos civilizatorios" que pretenden rescatar el sentido de comunidad de sociedades precapitalistas y la promesa de abundancia presente en el proyecto capitalista.

-Por último, *lo civilizatorio* tiene que ver con maneras en las que el capitalismo puede llegar a su fin a través de dinámicas ajenas a la reproducción del capital en cuanto tal pero derivadas de ella: guerras mundiales, guerra nuclear, crisis ecológica mundializada con todas sus implicaciones, etcétera.

Una vez asentado el aparato teórico y dada la amplitud de los límites al desarrollo del capitalismo que ubicamos en la obra de Wallerstein nos decidimos (para esta tesis de doctorado) por estudiar principalmente lo relacionado a los *límites biofísicos del capitalismo*, sobre todo lo vinculado al límite ecológico pero con presencia importante de varios de los demás límites descritos; aunque excluyendo casi por completo la parte social y política. La decisión de poner como centro de la discusión la parte ecológica (más allá de la necesidad de acotar este extenso proyecto) se debió ante todo porque la *crisis ambiental mundializada* que se ha vuelto patente e innegable en las últimas décadas se ha tornado en la parte más visible y acuciante de los desafíos a los que tendrá que enfrentarse el capitalismo del siglo XXI, tanto por la magnitud de la destrucción y los efectos que ello tiene en la reproducción del capital como por la catástrofe humanitaria que se deriva de este fenómeno (aunque lo que más nos ocupa en esta tesis es lo relacionado a la reproducción del capital).

Es así que en un *segundo capítulo* nos dedicaremos a analizar los datos duros sobre la destrucción medioambiental para en un último capítulo intentar explicar cómo es que la destrucción del Sistema Terrestre puede impactar en la reproducción económica del sistema poniéndolo en jaque. Así, la manera en que he estructurado este segundo capítulo responde a un análisis comprensivo del "Sistema Terrestre" que agrupa las principales esferas que lo

componen y que dan cuenta del impacto general de lo que en la última década se ha dado en llamar como Antropoceno: la atmósfera, la hidrósfera, la criósfera, la litósfera y la biósfera. Sumado al análisis de estas varias esferas y los subsistemas que las componen añado el análisis del elemento poblacional humano como un apartado por su cuenta dada la obvia correlación entre el crecimiento poblacional y el creciente impacto ambiental antropogénico. Este capítulo, entonces, es una recopilación de datos duros sobre el Antropoceno tomando muy poco en cuenta sus causas o efectos económico-sociales, esa parte del análisis ha quedado reservada, como dijimos, para el último capítulo.

Ya establecido el marco teórico (en el capítulo uno) del cual partimos para construir nuestro argumento sobre el fin del mundo y habiendo recapitulado cómo el mundo natural ha sido devastado en los últimos dos siglos derivado de la dinámica de producción capitalista (capítulo dos) podremos pasar a la parte final de este trabajo (capítulo tres) tratando de vislumbrar si el sistema económico tal como ha funcionado hasta ahora puede sobrevivir atentando exponencialmente contra su base material, intentado en el camino responder a la pregunta que está tal vez en el centro mismo de la investigación: *¿Puede el capitalismo existir de manera sustentable o está en sus cimientos la destrucción del mundo humano y natural?* Partiendo de las premisas de Marx y Wallerstein parecería que tal armonía es sencillamente imposible bajo los postulados básicos del funcionamiento del capital, es por ello que en este tercer capítulo realizaremos una *última aproximación empírica* a la manera en que este particular modo de producción se ha visto desde sus orígenes incapacitado para mantener un desarrollo equilibrado derivado de las mismas leyes de funcionamiento del sistema.

A manera de diálogo introductorio de este último capítulo empezaremos con la revisión de uno de los debates sobre crisis ambiental más relevantes del siglo pasado que inició con la publicación del libro "Los límites del crecimiento" del Club de Roma en 1972, en dicho libro se discutía la posibilidad de un fin abrupto del sistema de acumulación debido al acelerado ritmo de producción y al crecimiento poblacional que pondrían en jaque la reproducción del mundo natural. El problema a discutir en este capítulo es entonces relativo a la idea de "crecimiento" que ha sido consustancial al avance del capitalismo, capitalismo y crecimiento han sido durante siglos prácticamente sinónimos, tal como vimos en las leyes del desarrollo capitalista explicadas por Marx, el capitalismo sólo existe manteniendo tasas

de ganancia que dependen de un crecimiento exponencial por lo que la idea de un capitalismo de "estado estacionario" es al menos en la teoría una falacia.

En este tenor es que en este capítulo nos abocamos a explicar otro debate que ha surgido casi entre las sombras de la discusión económica convencional: la idea de que el crecimiento no es en sí mismo algo deseable en el contexto de un planeta finito. La "apuesta por el decrecimiento" puede sonar al principio como algo totalmente contraintuitivo ya que las economías se "desarrollan" tan sólo a través de herramientas que impulsan el crecimiento (del cual dependen variables como tasas de empleo y bienestar humano) y la "riqueza" de una nación es medida a través del Producto Interno Bruto que es una variable de crecimiento. Así, el lenguaje económico mismo está impregnado de la idea de un crecimiento constante si se quieren mantener estándares de vida "aceptables", la lucha contra la pobreza y el desempleo es incluso pensada desde este mirador que apuesta por la integración constante de poblaciones a la esfera de producción/consumo capitalista como solución. La idea de quienes abogan por el decrecimiento es mostrar que el crecimiento no sólo no es deseable, sino que en el mediano y largo plazo está creando escenarios de destrucción ambiental que atentan contra la vida humana como conjunto social, el crecimiento como ideal capitalista más que traer bienestar lo que provoca es mayor polarización y pobreza (muy en la tónica de la Ley General de la Acumulación Capitalista).

Siguiendo esta línea argumentativa es que estudiamos algunos fenómenos relacionados al crecimiento y al desarrollo tecnológico intentando demostrar con evidencia empírica que contrario a la noción del "sentido común" o de la "sabiduría popular" el desarrollo tecnológico bajo el capitalismo que avanza navegando bajo la bandera de la eficiencia y la innovación que en teoría traería un mundo más sustentable no hace sino ahondar la problemática de la destrucción medioambiental y la agudización de las crisis económicas. Por ejemplo, se discute la existencia de la llamada "Paradoja de Jevons", la cual hace referencia a un fenómeno documentado desde el siglo XIX que explica que conforme la utilización de un recurso se vuelve más eficiente debido a alguna innovación tecnológica o nuevo proceso productivo, es decir, que se necesita menos de él para obtener los mismos o más beneficios (por lo que en teoría debería disminuir el ritmo de su utilización) lo que sucede es que su utilización en términos absolutos se incrementa provocando un tasa más acelerada de consumo de dicho recurso, esto debido a que el abaratamiento de los costos de producción

y del costo de las mercancías empujan a los capitales a invertir más ampliando la escala de la producción (muy en la tónica de la Ley de la Tendencia Descendente de la Tasa de Ganancia). Derivado de esta discusión es que pasamos a cuestionar la extendida idea dentro del pensamiento económico convencional de que la eficiencia productiva, la innovación tecnológica y la sustitución de materias primas deben ser los pilares para la construcción de un capitalismo sustentable, lo que intento demostrar es que existen límites a la sustitución de materias primas y recursos energéticos, que la eficiencia no puede incrementarse indefinidamente al punto en que producir no cueste nada en términos de energía, que la innovación no se traduce necesariamente en menos destrucción ambiental y en general que ni la eficiencia ni la innovación ni la sustitución promueven un mundo más verde mientras la dinámica que los engloba dependa de la producción de ganancias y la expansión de mercados.

Así, uno de los propósitos centrales de este capítulo final es establecer que la idea de Desarrollo Sustentable es en sí misma una falacia, un oxímoron, el adjetivo contradice al sustantivo (o *contradictio in adjecto* sólo por decirlo en latín para sonar más interesante), o hay desarrollo o hay sustentabilidad pero no las dos al mismo tiempo (en una escala de economía-mundo al menos). Siendo así abordaremos en líneas generales algunas de las razones por las que las políticas de Desarrollo Sustentable no han tenido éxito desde que empezaran a aplicarse hace unas cuantas décadas, siendo de las principales causas que los países industrializados no tienen interés en cambiar patrones tecnoenergéticos de acumulación debido a las superiores tasas de ganancia que otorga mantener incambiado el estado actual de la producción mundial de mercancías, además del hecho de que las así llamadas "tecnologías verdes" en realidad no lo son tanto, ya que aplicadas bajo un esquema de producción capitalista sólo son rentables en tanto se producen en escala ampliada consumiendo en el proceso aún más recursos naturales, todo lo cual lleva a que las políticas de Desarrollo Sustentable no sean en los hechos más que un eslogan o una declaración de buenas intenciones en donde el campo de la política queda casi en su totalidad desligado de la aplicación real en la esfera económica.

Partiendo de estos postulados trabajaremos fenómenos que dan cuenta de manera empírica de este estado de cosas, por ejemplo a manera de demostración de cómo la búsqueda de ganancia está por encima de las preocupaciones ambientales y de cómo la eficiencia, la

innovación y la sustitución tienen límites abordo el caso de la Tasa de Retorno Energético (EROEI o EROI, por sus siglas en inglés), la cual se refiere a la energía neta que otorga explotar cierto tipo de recurso por cada unidad invertida, por ejemplo una tasa de retorno energético positiva sería cuando la energía total obtenida por la explotación del recurso es mayor que la energía invertida en su extracción/producción, siendo esto así vemos que hay recursos que dan mayores tasas de retorno energético que otras (p. ej. el petróleo ha llegado históricamente a tener una tasa 1:100 mientras que la energía de los biocombustibles suele estar alrededor del 1:1 donde el beneficio obtenido se ve prácticamente anulado por el costo de producción) lo cual complejiza el debate sobre la posibilidad de transitar a tecnologías "limpias" dada la necesidad del capitalismo de contar con tasas de retorno energético grandes para mantener la economía funcionando a los ritmos a que ha acostumbrado durante más de doscientos años.

Sin embargo, intentando de cierta manera dar algo de crédito a la idea optimista que subyace al discurso del Desarrollo Sustentable es que nos adentraremos en el que tal vez sea el debate más serio sobre la viabilidad de un capitalismo verde que pueda echar mano de recursos ilimitados, me refiero a la discusión de la llamada Economía Circular. Como veremos, el debate en torno a la Economía Circular es tan reciente que prácticamente no existe un consenso sobre la definición del concepto mismo, pero en general casi todas las definiciones apuntan a buscar una manera de mantener al capitalismo como sistema basado en el crecimiento y la generación exponencial de ganancias pero reciclando, reutilizando, remanufacturando y reduciendo la utilización de ciertos recursos. Los problemas a resolver dentro de este debate son numerosos y como veremos su aplicación práctica está llena de las contradicciones que la búsqueda constante de crecimiento económico implica.

Además, dado los patrones de agotamiento de varios de los recursos primordiales para la industria moderna, incluidos muchos que no son renovables ni sustituibles, ya no se trata sólo de reciclaje o de si la utilización de un recurso es "limpia" o no sino que se añade el problema de los crecientes costos de producción de energía y materias primas dada la creciente dificultad para obtenerlos, lo cual se añade a los costos en aumento por intentar reparar los daños ambientales, a los costos crecientes causados por el cambio climático (derivados de sequías, incendios forestales, inundaciones, etcétera), a los costos derivados de los varios tipos de reciclaje, y a los costos por inversiones en nuevas tecnologías y en

desarrollo de materiales que sustituyan a los que existen de manera natural. Como vemos, *este último capítulo abordará el fenómeno de la reducción histórica en los márgenes de ganancia capitalista como promedio mundial derivado de los crecientes costos de producción debido a la destrucción del ambiente*. Asimismo, veremos que no se trata sólo de costos económicos, sino que hay una serie de costos sociales que se suelen perder de vista en el análisis meramente económico, como el de las hambrunas prolongadas en países subdesarrollados y el cada vez más visible problema de los refugiados y desplazados climáticos.

CAPÍTULO I: DE LEYES Y LÍMITES DEL CAPITALISMO.[2]

1.1. ¿QUÉ ES EL CAPITALISMO?

Supongo que habrá múltiples formas de definir al capitalismo si revisamos entre múltiples publicaciones de ciencias sociales, incluso puede que no se refieran al capitalismo como tal sino por algún otro de sus nombres artísticos, como "sociedad industrial", "sociedad post-industrial", "sociedad de consumo", y demás apelativos. Sin embargo, creo que el término "capitalismo" es uno que pese a su carga ideológica posee mayor profundidad al apelar a un origen muy específico que explica en buena medida el por qué la sociedad actual funciona como funciona: el capital. Al hablar del origen de un tipo de sociedad basada en un tipo específico de reproducción, el capital, de manera implícita reconocemos que existe una multiplicidad de sociedades que se reproducen en base a distintas bases materiales que no son a las que el sentido común de hombres y mujeres del siglo XXI nos tiene acostumbrados. Así, al reconocer que *el capitalismo no ha sido eterno en el tiempo*, podemos empezar a pensar en algo así como un principio y un final de este *sistema histórico,* podemos pensar sus límites.

Para Fernand Braudel, como para Karl Marx, la *economía mercantil* aparece esporádicamente a lo largo de la historia pero *nunca como forma dominante* de reproducción social sino hasta hace algunos siglos, en general ‹‹se trata aún de una economía de intercambio llena de imperfecciones […] ya que una inmensa parte de aquélla se pierde en el autoconsumo, de la familia o del pueblo, y no entra en el circuito del mercado››.[3] Braudel incluso diferencia entre *economía de mercado* y *capitalismo* para dar a entender que aun cuando se origina el intercambio mercantil todavía no podemos hablar propiamente de capitalismo:

> Quisiera abordar hoy lo que concierne propiamente al intercambio y que designaremos a la vez como *economía de mercado* y como capitalismo. Este doble apelativo indica que pensamos diferenciar estos dos sectores que, desde nuestro punto de vista, no se confunden. Repitamos, no obstante, que estos dos grupos de actividad *–economía de mercado y*

[2] Este primer capítulo sirve a manera de resumen del aparato teórico expuesto en la tesis de maestría (el vol. 1 de este proyecto de largo calado), con la intención de conectar argumentos y mantener un mismo hilo explicativo.
[3] Braudel, Fernand, *La dinámica del capitalismo*, FCE, México, 2006, p. 23.

> *capitalismo*- son minoritarios hasta el siglo XVIII, y que la mayoría de las acciones de los hombres permanece encerrada, sumergida, en el inmenso campo de la vida material.[4]

Así pues, para entender la *especificidad histórica* del modo de reproducción social basado en el capital debemos recurrir al autor que tal vez mejor ha entendido el funcionamiento del sistema: Karl Marx. Abordar el tema desde este pensador y la escuela de pensamiento económico que de él se derivó resulta lógico si consideramos que dentro de las teorías económicas prácticamente sólo las de influencia marxista reconocen la historicidad del capitalismo.[5] En general, la teoría económica *convencional* tiene categorías analíticas que no responden a la especificidad histórica del capitalismo y pretende poder analizar bajo sus conceptos cualquier tipo de sociedad. El caso paradigmático de la "enfermedad crónica" de la economía se resume en el punto de vista del co-fundador de la escuela austriaca de economía, Eugen Böhm-Bawerk, quien sostiene que ‹‹casi todos los procesos productivos son 'capitalistas' y la única diferencia estriba en el grado en que lo sean››.[6] De tal suerte, pensar la historicidad del capitalismo desde una escuela de pensamiento que se asume *ahistórica* sería dar vueltas mordiéndonos la cola, por lo que mejor será confiar un poco en lo que Marx tiene que decir.

[4] Ibid., p. 45.
[5] "La situación actual de la ciencia económica presenta, ante todo, una característica propia de esta ciencia desde el surgimiento del pensamiento de Marx, o sea, la división en dos campos: el "burgués" y el marxista. Como sabemos, la diferencia esencial entre esos dos campos reside en el hecho de que el primero no problematiza –o sea, no confiere un carácter histórico- la relación capitalista, mientras que el segundo considera esa relación como una realidad históricamente determinada". En: Napoleoni, Claudio, *Smith, Ricardo, Marx: considerações sobre a história do pensamento económico*, Edições Graal, Rio de Janeiro, 1988, p. 11. [Traducción propia]
[6] Schumpeter, Joseph A., *Diez grandes economistas: de Marx a Keynes*, Alianza, Madrid, 1971, pp. 232-233.

1.1.1. Lo *formalmente* capitalista.

Continuando con lo expuesto por Braudel sobre la existencia histórica de la figura mercantil que aparece entre las grietas de sistemas históricos previos, existe un periodo histórico muy particular en el cual la *economía mercantil* comienza a expandirse abarcando poco a poco la casi totalidad de las relaciones de producción de una sociedad, pero *sin recurrir a técnicas de producción diferentes a las de modos de producción precapitalistas*, es decir, la manera de trabajar es aún indiferenciada de lo que por ejemplo se hacía en los talleres artesanales, lo único que cambia es la *relación de producción*, de una entre esclavo-amo o siervo-señor a una de obrero-capitalista. En un primer momento se adapta el modo de producción *precapitalista* a las nuevas relaciones de producción basadas en el *trabajo asalariado*:

> En el modo de producción mismo no se verifica aún ninguna diferencia, en esta etapa. El *proceso laboral*, desde el punto de vista *tecnológico*, se efectúa exactamente como antes, sólo que ahora como proceso laboral *subordinado* al capital.[7]

Esto es lo que Marx cataloga como *Subsunción Formal del Trabajo al Capital*, es decir, sólo la forma puede describirse como capitalista pero no así su esencia, en el p*roceso de trabajo* como tal aún no existe una especificidad propia al capitalismo. La existencia del trabajador "libre" es lo que permite en primera instancia que esto suceda, en modos de producción anteriores, las clases explotadas, aunque subordinadas, poseían medios de producción y tierra, el siervo y el esclavo reconocían que eran explotados, el señor feudal y el esclavista les expropiaban el producto de su trabajo de manera *directamente compulsiva* pero tenían garantizada su supervivencia a pesar de ello al ser poseedores (en cierta medida) de tierra que cultivar y de medios de producción con qué reproducirse. El esclavista debía mantener vivo al esclavo con tierra y alimento para que siguiera produciendo, el señor feudal debía dejar que el siervo cultivara una parte de la parcela para sí mismo, y el déspota exigía tributo en trabajo y especie pero dejaba la tierra en manos de las comunidades y los pequeños productores. El trabajador libre en realidad no tiene nada de libre, es esclavo de su carencia de medios de vida, no es poseedor más que de su propio pellejo (diría Marx), así que en apariencia es libre, pero si no se obliga a sí mismo a ir a venderse al mercado de trabajo se

[7] Marx, Karl, *El Capital Libro I Capítulo VI (inédito). Resultados del proceso inmediato de producción*, Siglo XXI, México, 2001, página 61. En adelante sólo citado como *Capítulo VI (inédito)*.

pone en peligro de muerte, sólo puede conectarse con el sistema social de necesidades a través de su transformación en asalariado.

> El esclavo está vendido de una vez y para siempre, en cambio, el proletario tiene que venderse él mismo cada día y cada hora. Todo esclavo individual, propiedad de *un* señor determinado, tiene ya asegurada su existencia por miserable que sea, por interés de éste […] El siervo posee en propiedad y usufructo un instrumento de producción y una porción de tierra, a cambio de lo cual entrega una parte de su producto o cumple ciertos trabajos. El proletario trabaja con instrumentos de producción pertenecientes a otra persona, por cuenta de ésta, a cambio de una parte del producto.[8]

Pero hay otro punto importante en lo tocante a la nueva relación de producción: el pago por trabajo es ahora a través de la mercancía dinero. Al suceder esto, al recibir el pago por su trabajo con dinero y no con objetos, no con parte de la cosecha que él mismo cultivó, o con parte del producto que luego puede intercambiar, sino con una abstracción del tiempo de trabajo (el dinero), en apariencia es el obrero mismo, sin ninguna compulsión, quien va a que lo exploten; las relaciones de producción se mistifican. Supuestamente como al obrero nadie lo obliga a trabajar, cuando es empleado por un capitalista se le paga íntegro el producto de su trabajo: dinero a cambio de trabajo y no hay explotación porque habría intercambio equivalencial. *La figura dineraria encubre la explotación* cuando históricamente ése nunca había sido el caso, tanto el esclavo como el siervo sabían que eran explotados, en el precapitalismo la explotación era *directamente compulsiva*, descarada, lo que quiere decir que las clases explotadas sabían que eran explotadas, se les arrancaba el producto del trabajo de manera directa sin dar nada a cambio, era un despojo en regla sin nada que enturbiara la comprensión del fundamento de las relaciones de producción.

> Este intercambio de equivalentes tiene lugar, [[si bien]] es sólo la capa superficial de una producción que descansa sobre la apropiación de trabajo ajeno sin *intercambio*, pero bajo la *apariencia del intercambio*. Este sistema del intercambio descansa sobre el *capital* como su fundamento y si se lo considera separado de él, si se lo considera tal como se muestra en

[8] Engels, Friedrich, "Principios del comunismo", en: K. Marx y F. Engels, *Manifiesto del Partido Comunista*, Editorial Progreso, Moscú, 1990, p. 64.

> la superficie, como sistema *autónomo*, lo que se da es una mera *apariencia*, pero una *apariencia necesaria*.[9]

Todos los modos de producción existentes hasta el presente (exceptuando al comunismo primitivo) se han sustentado en la apropiación del plustrabajo de una clase en beneficio de otra, pero en el capitalismo la apropiación de plustrabajo es a la vez apropiación de plusvalía[10], la forma histórica de producción específicamente capitalista.

> El proceso de trabajo se convierte en el instrumento del proceso de valorización, del proceso de la autovalorización del capital: de la creación de plusvalía. El proceso de trabajo se subsume en el capital (es su *propio* proceso) y el capitalista se ubica en él como dirigente, conductor; para éste es al mismo tiempo, de manera directa, un proceso de explotación de trabajo ajeno. Es esto a lo que denomino *subsunción formal del trabajo en el capital*. Es la forma *general* de todo proceso capitalista de producción, pero es a la vez una forma *particular* respecto al modo de producción específicamente capitalista, desarrollado, ya que la última incluye la primera, pero la primera no incluye necesariamente la segunda.[11]

Para aclarar el origen de la plusvalía, hay que explicar, primero, que la jornada laboral se compone de dos partes: aquella en la que el obrero trabaja para sí mismo el tiempo necesario para garantizar su propia reproducción, o sea, el equivalente en tiempo de trabajo a las mercancías que debe consumir diariamente para mantenerse con vida; y otra parte que es trabajo extra en beneficio del capitalista, tiempo de trabajo impago.[12]

> El precio medio del trabajo asalariado es el mínimo del salario, es decir, la suma de los medios de subsistencia indispensables al obrero para conservar su vida como tal obrero. Por consiguiente, lo que el obrero asalariado se apropia por su actividad es estrictamente lo que necesita para la mera reproducción de su vida.[13]

---

[9] Marx, Karl, *Grundrisse, Vol. 1*, Siglo XXI, México, 1986, p. 409 de la enumeración al margen.
[10] "La plusvalía, o sea aquella parte del valor total de la mercancía en que se materializa el plustrabajo o trabajo no retribuido del obrero, es lo que yo llamo ganancia". Marx, Karl, *Salario, precio y ganancia*, Ediciones en lenguas extranjeras, Pekín, 1976, p. 51.
[11] Marx, *Karl, Capítulo VI (inédito)*, Op. Cit., p. 54.
[12] "*El capital* se convierte, asimismo, en una *relación coactiva* que impone a la clase obrera la ejecución de más trabajo del que prescribe el estrecho ámbito de sus propias necesidades vitales […] en cuanto succionador de plustrabajo y explotador de fuerza de trabajo, el capital excede en energía, desenfreno y eficacia a todos los sistemas de producción precedentes basados en el *trabajo directamente compulsivo*". Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 1*, Siglo XXI, México, 2003, p. 376.
[13] Marx, Karl y Friedrich, Engels, *Manifiesto del Partido Comunista*, Editorial Progreso, Moscú, 1990, p. 42.

Si no existiera esa parte de la jornada laboral que no se le paga al obrero, si el obrero se apropiara de todo el producto de su trabajo no habría manera de explicar el origen de las ganancias, ‹‹no afluiría al capitalista ninguna plusvalía o plusproducto››.[14] El origen de toda la riqueza material es el trabajo vivo, sólo él produce valor, y la forma en que el capital se lo apropia depende de las condiciones materiales de su reproducción. Existen diferentes formas de explotación de plusvalía correspondientes a diferentes etapas de desarrollo del capital, la primera figura que adopta el proceso de producción capitalista es la explotación de *plusvalía absoluta*, la cual se corresponde de manera directa con la *subsunción formal del trabajo al capital*.

> […] la producción del plusvalor absoluto consiste simplemente, por un lado, en la prolongación de la jornada laboral más allá de los límites del tiempo de trabajo necesario para la subsistencia del propio obrero, y por otro en la apropiación de plustrabajo por el capital. Este proceso puede ocurrir, y ocurre, sobre la base de modos de explotación que se conservan históricamente sin la intervención del capital. No se opera entonces más que una metamorfosis formal. Por eso, la producción del plusvalor absoluto únicamente presupone la subsunción formal del trabajo en el capital.[15]

Lo que quiere decir que en esta etapa, a falta de desarrollo de fuerzas productivas, la única manera de apropiarse de mayor tiempo de trabajo impago, de mayor plusproducto, es alargando o intensificando la jornada laboral. El modo de producción aún no se sustenta en bases específicamente capitalistas, cambian las relaciones de producción, pero en términos *cualitativos* se mantiene inalterado:

> Como vimos, la producción capitalista sólo comienza, en rigor, allí donde el *mismo* capital individual emplea simultáneamente una cantidad de obreros relativamente grande y, en consecuencia, el proceso de trabajo amplía su volumen y suministra productos en una escala *cuantitativamente* mayor. El operar de un número de obreros relativamente grande, al mismo tiempo, en el mismo espacio (o, si se prefiere, en el mismo campo de trabajo), para la producción del mismo tipo de mercancías y bajo el mando del mismo capitalista, constituye histórica y conceptualmente el *punto de partida de la producción capitalista*. En lo que respecta al *modo de producción* mismo, por ejemplo, en sus comienzos la *manufactura* apenas se distingue de la industria gremial del artesanado por el mayor número

[14] Marx, Karl, *Salario, precio y ganancia,* Op. Cit., p. 45.
[15] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, Siglo XXI, México, 2003, p. 617.

> de obreros que utiliza simultáneamente el mismo capital. El taller del maestro artesano no ha hecho más que ampliarse […] En un comienzo, por ende, la diferencia es meramente *cuantitativa*.[16]

1.1.2. Lo *específicamente* capitalista.

Existen límites infranqueables a la explotación de plusvalía desde la subsunción formal del trabajo al capital, *la explotación de plusvalía absoluta puede ser extensiva o intensiva*, es decir, extendiendo la duración de la jornada de trabajo o incrementando su ritmo para producir más en menos tiempo. El problema con esto es que no se puede tener a un obrero cualquiera trabajando todo el día, un obrero necesita reponer energía, dormir y comer para poder continuar día a día con el proceso de trabajo (las jornadas de trabajo de 24 horas son sólo un sueño del capital que ni en campos de concentración fue viable), y desde el punto de vista de la ganancia no se le puede pagar menos de lo que necesita para su reproducción vital más básica, debe poder comprar productos de primera necesidad para no morir y regresar al día siguiente a sacrificarse al Dios de la industria. De igual manera, la clase obrera no suele ser tan mansa como para permitir la máxima explotación posible, también la *lucha de clases* que lleva a mejores salarios y jornadas de trabajo menos intensas impacta el proceso:

> Por tanto, el máximo de ganancia se halla limitado por el mínimo físico del salario y por el máximo físico de la jornada de trabajo. Es evidente que, entre los dos límites de esta *cuota de ganancia máxima*, cabe una escala de inmensas variantes. La determinación de su grado efectivo se dirime exclusivamente por la lucha incesante entre el capital y el trabajo; el capitalista pugna constantemente por reducir los salarios a su mínimo físico y prolongar la jornada de trabajo hasta su máximo físico, mientras que el obrero presiona constantemente en el sentido contrario.[17]

Es en este punto donde los capitalistas se ven forzados a recurrir a mejoras en los métodos de producción, en vista de estas barreras que sesgan la evolución del modo de producción capitalista se hace patente la necesidad de continuar explotando plusvalía bajo otra modalidad de acumulación. Hace entrada en la historia el modo de *producción específicamente capitalista*, desarrollado a partir de la *subsunción real del trabajo al capital*

[16] Ibid., p. 391.
[17] Marx, Karl, Salario, precio y ganancia, Op. Cit., p. 70.

que posibilita la producción de *plusvalía relativa*. Estamos ante una nueva fase de sometimiento del trabajo y desarrollo de fuerzas productivas.

> La producción del plusvalor relativo presupone la producción del plusvalor absoluto, y por ende también la forma general adecuada de la producción capitalista. Su finalidad es el acrecentamiento del plusvalor por medio de la reducción del tiempo de trabajo necesario, independientemente de los límites de la jornada laboral. El objetivo se alcanza mediante el desarrollo de las fuerzas productivas del trabajo. Ello trae aparejada, empero, una revolución del proceso laboral mismo. Ya no alcanza con prolongarlo: es necesario darle una nueva configuración […] La producción del plusvalor relativo, pues, supone un *modo de producción específicamente capitalista*, que con sus métodos, medios y condiciones sólo surge y se desenvuelve de manera espontánea, sobre el fundamento de la subsunción formal del trabajo en el capital. En lugar de la subsunción formal, hace su entrada en escena *la subsunción real del trabajo en el capital*.[18]

Así pues, para que el capital se apropie de una parte mayor del valor del producto de la jornada laboral, para incrementar la plusvalía cuando ya no es posible prolongar o intensificar la jornada de trabajo, es preciso *abatir el valor de la fuerza de trabajo* abaratando los medios de subsistencia de los que depende la reproducción de la clase obrera. Desarrollando las fuerzas productivas aumenta la productividad del trabajo[19] y se produce más en menos tiempo, el *valor individual* de cada mercancía cae y si esta mejoría hace mella *en las ramas de la industria cuyos productos determinan el valor de la fuerza de trabajo* se reduce el tiempo de la jornada laboral que el obrero dedica a su propia reproducción y aumenta el tiempo de trabajo que regala al capitalista; aumenta la plusvalía.

Ahora bien, la primera fase de explotación de plusvalía relativa, o primera fase de subsunción real del trabajo al capital (según se quiera ver), es social, no técnica: ‹‹un determinado modo de producción o una determinada fase industrial lleva siempre aparejado un determinado modo de cooperación o una determinada fase social, modo de cooperación

[18] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, Op. Cit., pp. 617-618.
[19] "Por aumento en la fuerza productiva del trabajo entendemos aquí, en general, una modificación en el proceso de trabajo gracias a la cual se reduzca el tiempo de trabajo socialmente requerido para la producción de una mercancía, o sea que una cantidad menor de trabajo adquiera la capacidad de producir una cantidad mayor de valor de uso". Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, Op. Cit., página 382.

que es, a su vez, una 'fuerza productiva'››[20]; por lo que hay que analizar la figura de cooperación específicamente capitalista, la *subsunción real en la cooperación* como primera fuerza productiva específica del capital. En el precapitalismo y mientras la subsunción del trabajo al capital era sólo formal, el proceso de trabajo es integral, es decir, cada trabajador individual ejecuta todas las operaciones del proceso productivo; sin embargo, la cooperación específicamente capitalista implica la *subsunción real en la división capitalista del trabajo*, ‹‹los trabajadores son subsumidos bajo […] funciones aisladas. No es el trabajo el que se reparte entre ellos; son ellos los que son repartidos entre los distintos procesos››.[21]

Como resultado de este mismo proceso que fomenta la habilidad parcializada del obrero y lo mutila en sus capacidades productivas, ya no es posible pensar la existencia del trabajador desligada del capital. Primero, con la subsunción formal del trabajo, se despoja al trabajador directo de los medios de producción obligándolo a vender su fuerza de trabajo; con la subsunción real, ‹‹el trabajador mismo se ha convertido en un simple detalle›› y ve reducida ‹‹su capacidad de trabajo a una función completamente parcial, que no es nada separada del mecanismo total››.[22] El capital se da a la tarea de crear un ejército de brutos que no saben hacer nada fuera de la actividad parcializada que les corresponde. ‹‹Si en un principio el obrero vende su fuerza de trabajo al capital porque él carece de los *medios materiales para la producción* de una mercancía, ahora es su propia *fuerza de trabajo individual* la que se niega a prestar servicios si no es vendida al capital››.[23]

Si el capital quiere seguir explotando plusvalía, debe seguir desarrollando fuerzas productivas, la mera división del trabajo subsumida al capital es insuficiente, necesita desarrollarse sobre medios de producción que le sean adecuados. Toca el análisis de la subsunción real del trabajo en su figura redonda, al abarcar las *fuerzas productivas técnicas*, la 'subsunción real en el taller automático capitalista'. ‹‹En el taller automático basado en la maquinaria la modificación se apodera del instrumento de trabajo propiamente dicho››.[24] Ahora se somete el trabajo a partir de una base material adecuada al desarrollo del capitalismo, la industria maquinizada.

---

[20] Marx, Karl y Engels, Friedrich, *La ideología alemana*, Ediciones de Cultura Popular, México, 1979, p. 30.
[21] Marx, Karl, *La tecnología del capital*, Editorial Itaca, México, 2005, páginas 27-28.
[22] Ibid., página 34.
[23] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, Op. Cit., p. 439.
[24] Marx, Karl, *La tecnología del capital*, Op. Cit., p. 38.

> Vemos aquí en la *manufactura* pues, la base técnica directa de la *gran industria*. Aquélla producía la maquinaria con la que ésta, en las esferas de la producción de las que se apoderó primero, suprimía la industria artesanal y manufacturera. La industria maquinizada se elevó así, *de un modo natural*, sobre una *base material* que le era *inadecuada*. Al alcanzar cierto grado de desarrollo, dicha industria se vio forzada a trastocar esta base –a la que primero se había encontrado ya hecha y que luego se había seguido perfeccionando bajo su antigua forma- y a crearse una nueva base que correspondiera a su propio modo de producción.[25]

‹‹Lo que caracteriza la división del trabajo en el taller automático es que el trabajo pierde dentro de él todo carácter de especialidad››.[26] Ahora son las máquinas las que se especializan y el obrero queda reducido a mero apéndice de la máquina. Esta ‹‹división del trabajo […] hace del hombre un ser abstracto; lo convierte, en la medida de lo posible, en una máquina para tal o cual efecto, en un aborto espiritual y físico››. [27]

Esta nueva fase de sometimiento del proletariado abre una nueva fase en el desarrollo de la lucha de clases, ‹‹se requirió tiempo y experiencia antes que el obrero distinguiera entre la *maquinaria* y su *empleo capitalista*, aprendiendo así a transferir sus ataques, antes dirigidos contra el *mismo medio material de producción*, a la *forma social de explotación* de dicho medio››.[28] E incluso al interior de la propia clase dominante se da una lucha brutal, la burguesía compite entre sí por más mercados y mejores medios de producción que permitan explotar cantidades mayores de plusvalor, esta ‹‹vieja contienda se desencadena con tanta mayor violencia cuanto más fecundos son los medios de producción ya inventados. Por tanto, la división del trabajo y la aplicación de maquinaria seguirán desarrollándose de nuevo a una escala incomparablemente mayor››.[29] De ahí que el punto de partida para comprender la dinámica sometiente del capitalismo contemporáneo sea la *subsunción real del trabajo al capital*.

---

[25] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, Op. Cit., p. 465.
[26] Marx, Karl, *Miseria de la filosofía*, Siglo XXI, México, 1987, página 96.
[27] Marx, Karl, *Cuadernos de París*, Editorial Era, México, 1974, p. 145.
[28] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, Op. Cit., p. 523.
[29] Marx, Karl, *Trabajo asalariado y capital*, Editorial Origen/Planeta, México, 1986, p. 28.

1.2. LAS LEYES DEL DESARROLLO CAPITALISTA SEGÚN KARL MARX.

Para entender algo así como el fin del capitalismo es necesario no sólo saber qué es el capitalismo en su especificidad histórica, como vimos en los apartados anteriores, sino entender cómo se desenvuelve, bajo qué contextos, qué mecanismos, y sobre todo atendiendo a qué leyes. Puede que para el sentido común el desarrollo del capitalismo sea por completo anárquico, sin embargo existen regularidades históricas que permiten explicar de dónde viene y a dónde va este particular sistema histórico. Con frecuencia se suele dividir al capitalismo en etapas haciendo referencia a cosas como liberalismo económico, keynesianismo o neoliberalismo, o incluso asegurando que atiende a diferentes bases económicas y dividiéndolo en términos como el de capitalismo monopólico o capitalismo financiero, o en fases de las cuales el imperialismo sería una, o en descripciones casi poéticas como las de capitalismo tardío o capitalismo salvaje… pero más allá de la *forma* particular que adopte el sistema bajo ciertos esquemas, la preponderancia que se le quiera dar a lo financiero, o lo industrial, o lo post-industrial, o lo post-post-industrial-anarcosindicalista-vegetariano-feminista-new age, o de modelos económicos que en el momento potencian de mejor manera la acumulación de capital, más allá de todo eso existe una esencia subyacente aplicable a todas las etapas y transfiguraciones del modo de producción capitalista, existen *leyes generales del desarrollo capitalista* si es que hacemos caso a los postulados de Karl Marx y la escuela de pensamiento de algunos de sus herederos intelectuales:

> Cualquier etapa particular del capitalismo es transitoria, aun cuando pueda prolongarse durante un espacio de tiempo considerable. Solamente considerando las leyes generales del desarrollo capitalista es que sus etapas históricas revelan su naturaleza transitoria. La cuestión consiste, entonces, en definir si la acción de las leyes generales del capitalismo puede ser contrarrestada por medios tecnológicos y políticos, capaces de satisfacer tanto las necesidades de ganancias del capital privado como el "bienestar social general" por el simple expediente de producción no lucrativa.[30]

En los próximos apartados intentaremos dar una breve semblanza de las *tres leyes* que a nuestro parecer componen esas leyes generales del desarrollo capitalista planteadas en la obra de Marx: a) la ley del valor (en la base del sistema); b) la ley general de la acumulación capitalista, y; c) la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia.

[30] Mattick, Paul, *Marx y Keynes: los límites de la economía mixta*, Era, México, 1975, p. 89.

1.2.1. La ley del valor.

La ley del valor es básicamente la alusión a la mercantilización de la vida, la sociedad se vuelve mercancía y no hay manera de conectarse con el sistema social de necesidades si no es a través de la figura mercantil. Como vimos al principio de esta investigación, la figura mercantil ha existido a través de múltiples espacios y múltiples sociedades antes del advenimiento del capitalismo, pero siempre como excepción, siempre en las grietas del sistema, cuando la economía mercantil se vuelve la piedra angular de la reproducción social es entonces que la ley del valor cobra todo su efecto y se establece como la ley que equilibra y regula la satisfacción de necesidades dentro del modo de (re)producción capitalista cuyo principal interés es la reproducción del dinero y no de la *vida material*, como la llamaría Braudel.

Podríamos decir que todos los modos de producción precapitalistas producen desde un escenario de *valor de uso como fundamento*,[31] es decir, se sabe lo que la sociedad necesita, se produce, se autoconsume o se reparte, y se intercambia el excedente. Pero cuando históricamente empiezan a aparecer excedentes gracias a mejoras en procesos productivos es que empieza a aparecer la figura mercantil, ante el dilema del intercambio y saber cómo intercambiar dos valores de uso que por su naturaleza física no son equiparables se vuelve necesario algo que les sea común, una unidad de medida que vuelva el intercambio equivalencial, un *valor de cambio*. Según Marx este valor de cambio que vuelve equiparables dos valores de uso es el *tiempo de trabajo*.

Pero si el *tiempo de trabajo* es la *sustancia* social que permite la intercambiabilidad de los productos, sería fácil decir que ‹‹cuanto más perezoso o torpe fuera un hombre tanto más valiosa sería su mercancía, porque aquél necesitaría tanto más tiempo para fabricarla››.[32] Sin embargo, la solución a esta aparente contradicción es muy sencilla, el intercambio se da no de acuerdo al tiempo de trabajo individual de cada productor aislado, sino de acuerdo a una media social. ‹‹Es sólo la *cantidad de trabajo socialmente necesario*, pues, o el *tiempo*

[31] “la utilidad de una cosa hace de ella un valor de uso. Pero esa utilidad no flota por los aires. Está condicionada por las propiedades del cuerpo de la mercancía, y no existe al margen de ellas. El *cuerpo* mismo *de la m*ercancía, tal como el hierro, trigo, diamante, etc., es pues un *valor de uso* o un bien”. Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 1*, Op. Cit., p. 44.
[32] Ibid., p. 48.

de trabajo socialmente necesario para la producción de un valor de uso, lo que determina su *magnitud* de valor››. [33]

Ahora, el hecho de que se produzca de acuerdo a las capacidades productivas técnicas medias no garantiza que el producto del trabajo encuentre comprador. Para que el capital logre valorizarse tiene que ser *reconocido* como socialmente necesario, es decir, tiene que venderse, aparecer como valioso para el cambio; ‹‹el tiempo de trabajo social sólo existe, por así decirlo, en forma latente en estas mercancías, y sólo se revela durante su proceso de intercambio››.[34] Así pues, una vez que una determinada mercancía logra ser reconocida como socialmente necesaria, su intercambio se da de acuerdo al tiempo de trabajo social medio y no de acuerdo al tiempo de trabajo individual de ese capital.

> Si nuestro individuo produce una cosa que no tenga ningún valor de uso para otros; toda su energía no conseguirá producir ni un átomo de valor; y si se empeña en fabricar con la mano un objeto producido veinte veces más barato por una máquina, entonces diecinueve vigésimos de la energía que ha puesto en ello no producen ni una determinada cantidad de valor ni valor en absoluto.[35]

Por tanto, si el valor de una mercancía se determina por el tiempo de trabajo, es lógico suponer que cualquier cambio en las condiciones *medias* de producción afectaría su valor. ‹‹En términos generales: cuanto mayor sea la fuerza productiva del trabajo, tanto menor será el tiempo de trabajo requerido para la producción de un artículo, tanto menor la masa de trabajo cristalizada en él, tanto menor su valor››[36], y viceversa. El desarrollo de las fuerzas productivas técnicas sólo contribuye a reducir el valor de la mercancía, pero de ninguna manera crea valor. Así, la ley del valor establece que la maquinaria es sólo una herramienta que potencia la capacidad productiva del trabajador, fuente de todo valor.

Ahora, es lógico que para medir la magnitud de valor de una mercancía no se puede medir contra sí misma, sería tautológico. Forzosamente debe encontrar un punto de referencia en otra mercancía, encontrar expresión. Empero, no basta con decir que 20 varas de lienzo = 2 chaquetas, o equiparar en el cambio a cualesquiera dos o más mercancías. El intercambio a nivel social capitalista sería imposible si todo mundo usara como equivalente el producto

[33] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 1*, Op. Cit., p. 48.
[34] Marx, Karl, *Contribución a la crítica de la economía política*, Siglo XXI, México, 2008, p. 29.
[35] Engels, Friedrich, *Anti-Dühring*, Grijalbo, México, 1968, p. 182.
[36] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 1*, Op. Cit., p. 50.

de su trabajo, y todavía más en un contexto en donde el productor directo no es dueño de ese producto. Además una sola mercancía no es intercambiable por todas las demás en todo momento, no se sabe si es socialmente necesaria y por tanto no da acceso al conjunto de la riqueza social. Y precisamente lo que interesa al capitalista es el acceso a todas las manifestaciones de la riqueza social en el momento que le sea necesario. ‹‹La solución de estas imposibilidades se encuentra transfiriendo a una mercancía especial –el dinero- la cualidad de representar el valor de cambio de todas las demás mercancías››.[37]

> El *dinero*, en tanto que posee la propiedad de comprar todo, en tanto que posee la propiedad de apropiarse de todos los objetos, es, en consecuencia, el *objeto* en sentido eminente. La universalidad de su propiedad es la omnipotencia de su ser; por eso, vale como ser todopoderoso… El dinero es el *alcahuete* entre la necesidad y el objeto, entre la vida y el medio de vida del hombre.[38]

De este modo la producción debe apuntar siempre a la creación de valores de cambio. Los productores no establecen un vínculo social directo, es decir, no se socializan si no es a través del valor de cambio, dejan que su socialidad sea mediada por las cosas, por el dinero. Si no se posee dinero como valor de cambio universal, no hay manera de interconectarse con el sistema global de necesidades.

> El individuo debe producir un producto universal: el *valor de cambio* o, considerado éste en sí aisladamente e individualizado, *dinero*. Por otra parte el poder que cada individuo ejerce sobre la actividad de los otros o sobre las riquezas sociales, lo posee en cuanto es propietario de *valores de cambio*, de *dinero*. Su poder social, así como su nexo con la sociedad, lo lleva consigo en el bolsillo. La actividad, cualquiera que sea su forma fenoménica individual, y el producto de la actividad, cualquiera que sea su carácter particular, es el *valor de cambio*, vale decir, algo universal en el cual toda individualidad, todo carácter propio es negado y cancelado. En realidad esta es una situación muy distinta de aquella en la cual el individuo, o el individuo natural o históricamente ampliado en la familia o en la tribu (y luego en la comunidad), se reproduce sobre bases directamente naturales, o en las que su actividad productiva y su participación en la producción está

[37] Engels, Friedrich, "La contribución a la crítica de la economía política de Karl Marx", en: *Contribución a la crítica de la economía política*, Siglo XXI, México, 2008, p. 342.
[38] Marx, Karl, *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, Editorial Colihue, Buenos Aires, 2006, pp. 179-180.

> orientada hacia una determinada forma de trabajo y de producto, y su relación con los otros está determinada precisamente de ese modo.[39]

Como hemos mencionado, se podrá argumentar que la mercancía no es una forma social exclusiva del capitalismo, y en cierta medida estamos de acuerdo, no obstante, la mercancía como forma totalizadora de las relaciones sociales sí es exclusiva del capitalismo. ‹‹Los primeros capitalistas se encontraron ya, como queda dicho, con la forma del trabajo asalariado. Pero como excepción, como ocupación secundaria, auxiliar, como punto de transición››.[40] ‹‹Para su pleno desarrollo, la ley del valor presupone la sociedad de la gran producción industrial y de la libre competencia, es decir la sociedad burguesa moderna››.[41]

> En la sociedad burguesa, empero, el valor de cambio tiene que ser concebido como la forma dominante, de tal modo que haya desaparecido *toda relación inmediata entre los productores y sus productos* en cuanto valores de uso; *todos los productos* deben ser concebidos como *productos comerciales*. [42]

Por último, ‹‹cualquiera que sea la manera en que se fijen o regulen los precios de las diversas mercancías entre sí, en primera instancia, es la ley del valor la que rige su movimiento››.[43] La competencia entre capitales obliga a que el precio de la mercancía *tienda* a coincidir con su valor.

> Como éstos sólo se enfrentan en cuanto poseedores de mercancías y cada uno procura vender lo más caro posible su mercancía (incluso, aparentemente, sólo lo guía su arbitrariedad en la regulación de la producción misma), la ley interna sólo se impone por intermedio de su competencia, de la presión recíproca de unos sobre otros, gracias a lo cual se anulan mutuamente las divergencias. La ley del valor sólo opera aquí, frente a los agentes individuales, como ley interna, como ciega ley natural, e impone el equilibrio social de la producción en medio de las fluctuaciones casuales de la misma.[44]

Incluso en el caso de precios monopólicos la ley del valor se sigue imponiendo, lo único que sucede es que el capital monopólico o de vanguardia extrae plusvalor de los

---

[39] Marx, Karl, *Grundrisse, Vol. 1*, Op. Cit, pp. 74-75 de la enumeración al margen.
[40] Engels, Friedrich, *Del socialismo utópico al socialismo científico*, Editorial Gernika, México, 1984, p. 91.
[41] Marx, Karl, *Contribución a la crítica de la economía política*, Op. Cit., p. 45.
[42] Marx, Karl, *Grundrisse, Vol. 3*, Siglo XXI, México, 1986, p. 907 de la enumeración al margen.
[43] Marx, Karl, *El Capital, Tomo III, Vol. 6*, Siglo XXI, México, 2005, p. 225.
[44] Marx, Karl, *El Capital, Tomo III, Vol. 8*, Siglo XXI, México, 2009, p. 1117.

capitales de retaguardia o no monopólicos, quienes pagan una especie de tributo o renta con parte de su plusvalor al capital que se atrevió a innovar y puede imponer precios al menos durante el tiempo que la innovación sea monopolio, esto es lo que Marx cataloga como ganancia extraordinaria y en ningún modo anula la ley del valor, antes bien la potencia al impulsar a nuevos periodos de competencia y expansión.

> La incesante búsqueda de esta "ganancia extraordinaria", como Marx la denomina, tiene en el capitalismo histórico una función esencial: desencadenar una y otra vez la revolución tecnológica permanente que es justo una de sus principales características distintivas. Cada nuevo descubrimiento técnico que incrementa la productividad proporciona al capitalista que lo introduce en el proceso de trabajo la oportunidad –que sería ineludiblemente sólo transitoria si la economía fuera puramente mercantil– de vender sus mercancías arriba del precio normal, esto es, lo dota del poder para venderlas con un precio que está por encima del valor que ha sido objetivado en ellas.[45]

Asimismo, en un esquema de *sistema-mundo* como el descrito por Immanuel Wallerstein en el que existe un intercambio desigual entre centros y periferias, este tipo de dominio tecnológico potencia la existencia de lo que Bolívar Echeverría llama "renta tecnológica", donde el monopolio tecnológico lo poseen ciertos enclaves dentro de los países desarrollados y pueden extraer ganancias extraordinarias de las periferias gracias al diferencial de desarrollo entre regiones.

[45] Echeverría, Bolívar, ‹‹"Renta tecnológica" y "devaluación" de la naturaleza››, en: Echeverría, Bolívar, *Modernidad y blanquitud*, Era, México, 2011, p. 37.

1.2.2. La ley general de la acumulación capitalista.

Ya vimos en apartados previos que *la tendencia general bajo el modo de producción capitalista es transformar toda producción en producción mercantil y todo trabajo en trabajo asalariado*, la manera en que el capitalismo consigue esta meta (o al menos lo intenta), los mecanismos que entran en juego en su consecución es justo lo que explica la *ley general de la acumulación capitalista*. En primer lugar y si intentamos explicar el fenómeno de manera cronológica tendríamos que abordar lo que Marx denomina la *acumulación originaria*, el cual es a grandes rasgos el proceso histórico a través del cual se expropia de medios de producción (sobre todo de tierra) a los productores directos para convertirlos en asalariados. Este despojo histórico, sin embargo, no es sólo un mecanismo iniciático de un pasado bárbaro olvidado, es un mecanismo que se mantiene activo de manera constante conforme convenga a las necesidades de acumulación de capital.

> […] la tendencia constante y la ley de desarrollo del modo capitalista de producción es separar más y más del trabajo los medios de producción, así como concentrar más y más en grandes grupos los medios de producción dispersos, esto es, transformar el trabajo en trabajo asalariado y los medios de producción en capital. [46]

El resultado lógico de esta tendencia es ‹‹la división de la humanidad entre capitalistas y trabajadores, una división que cada día se agudiza más y más y que, como veremos, siempre *debe* ir en aumento››.[47] La base de todo este proceso es la acumulación de capital, sustentada, a su vez, en la producción de plusvalor, y como la producción de plusvalía es la base del sistema capitalista y sólo sobre ella es que logra reproducirse, constantemente se buscan medios para producirla en mayor cantidad y de manera más acelerada; por lo tanto, capitales más grandes que exploten cada vez más trabajadores. De ahí que ‹‹en la misma proporción en que se desarrolla la burguesía, es decir, el capital, desarróllase también el proletariado, la clase de los obreros modernos››.[48]

Ahora bien, conforme el capital crece, crece la competencia entre capitalistas por realizar la plusvalía, y es bajo estas condiciones que la expropiación de los medios de producción se da ahora entre capitales. Así, ‹‹la lucha de la competencia se libra mediante el

[46] Marx, Karl, *El Capital, Tomo III, Vol. 8*, Op. Cit., p. 1123.
[47] Engels, Friedrich, "Esbozos para una crítica de la economía política", en: Marx, Karl, *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, Editorial Colihue, Buenos Aires, 2006, p. 21.
[48] Marx, Karl, *Manifiesto del Partido Comunista*, Op. Cit., p. 33.

abaratamiento de las mercancías. La baratura de éstas depende, *caeteris paribus*, de la productividad del trabajo, pero ésta, a su vez de la escala de la producción››.[49] En un principio, el despojo de unos capitales por otros sólo amplía *cuantitativamente* el capital, es decir, *centraliza* los medios de producción; centralización que es premisa de su mejora *cualitativa*, es decir, de su *concentración.* Ahora bien, la reproducción en *escala ampliada* necesaria para extraer más plusvalor presupone, como hemos visto, el desarrollo de las fuerzas productivas, y por tanto, el desarrollo de la subsunción del trabajo al capital, así como centralización y concentración de los medios de producción. Al decir que el capital se incrementa viene implícito, pues, que las fuerzas productivas cambian, ‹‹*cuanto más crece el capital productivo, más se extiende la división del trabajo y la aplicación de maquinaria*››[50], o lo que es lo mismo, crece la fuerza productiva social del trabajo.

Con el desarrollo de las fuerzas productivas incrementa la fuerza productiva del trabajo, o sea, incrementa ‹‹la productividad del mismo número de trabajadores, con la consiguiente reducción *relativa* del número de obreros necesario para la producción de una determinada masa de mercancías››.[51] El desarrollo de la máquina altera la relación entre capital constante (maquinaria) y variable (fuerza de trabajo), cada vez menos fuerza de trabajo pone en movimiento más maquinaria; la maquinaria expulsa obreros de la producción en términos *relativos*, es decir, en *proporción* al capital constante cada vez hay menos capital variable, sin embargo, en términos *absolutos* (sobre la base de una acumulación de capital global acelerada y creciente) la fuerza de trabajo ocupada por el capital aumenta.

> Esa disminución relativa de su parte constitutiva variable, acelerada con el crecimiento del capital global y acelerada en proporción mayor que el propio crecimiento de éste, aparece por otra parte, a la inversa, *como un incremento absoluto de la población obrera que siempre es más rápido que el del capital variable o que el de los medios que permiten ocupar a aquélla*. La *acumulación capitalis*ta produce de manera constante, antes bien, y precisamente en proporción a su energía y a su volumen, una *población obrera relativamente excedentaria*, esto es, *excesiva* para las *necesidades medias de valorización del capital* y por tanto *superflua*. [52]

[49] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 3*, Siglo XXI, México, 2003, p. 778.
[50] Marx, Karl, *Trabajo asalariado y capital*, Op. Cit., pp. 31-32
[51] Marx, Karl, *La tecnología del capital*, Op. Cit., p. 53.
[52] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 3*, Op. Cit., p. 784.

Esta población *relativamente* excedentaria, o Ejército Industrial de Reserva como lo llama Marx, mantiene presionado el salario a la baja que raya en el límite del valor de la fuerza de trabajo, o sea, lo necesario para mantener con vida a la población trabajadora; ‹‹la acumulación, junto con la competencia, tiene por consecuencia una reducción cada vez mayor del salario››.[53] Aunque el salario crezca en términos absolutos, en términos de lo que realmente vale el salario, de los medios de subsistencia que permite adquirir, decrece; si el salario crece en términos reales debido a un periodo de auge, inevitablemente se acaba circunscribiendo a lo más básico para reproducir a la fuerza de trabajo, ‹‹la tendencia general de la producción capitalista no es a elevar el promedio standard del salario, sino a reducirlo››.[54]

> […] incluso la *situación más favorable* para la clase obrera, el *incremento más rápido posible del capital*, por mucho que mejore la vida material del obrero, no suprime el antagonismo entre sus intereses y los intereses del burgués, los intereses del capitalista. *Ganancia y salario* seguirán hallándose, exactamente lo mismo que antes, *en razón inversa*.[55]

El ansia ilimitada de producción de plusvalía empuja constantemente a la disminución del tiempo de trabajo necesario para la reproducción del obrero y al aumento del plustrabajo que se apropia el capitalista sin retribución; mientras más crece el capital y con él el tiempo de trabajo excedente, más crece el producto que le es arrebatado al obrero: ‹‹producción contrapuesta a los productores y que hace caso omiso de éstos. El productor real como simple medio de producción; la riqueza material como fin en sí mismo››.[56] Ningún beneficio le reporta al trabajador el incremento de la fuerza productiva del trabajo, por el contrario:

> El trabajador se torna tanto más pobre cuanta más riqueza produce, con cuanto mayor poder y volumen incrementa su producción. El trabajador se convierte en una mercancía tanto más barata cuantas más mercancías produce. La desvalorización del mundo del hombre crece en proporción directa a la valorización del mundo de las cosas. El trabajo no sólo produce

[53] Marx, Karl, *Cuadernos de París*, Op. Cit., p. 115.
[54] Marx, Karl, *Salario, precio y ganancia*, Op. Cit., p. 75.
[55] Marx, Karl, *Trabajo asalariado y capital*, Op. Cit., p. 25.
[56] Marx, Karl, *Capítulo VI (inédito)*, Op. Cit., p. 76.

> mercancías; se produce a sí mismo y al trabajador como una mercancía, y, por cierto, en la proporción en que produce mercancías. [57]

He aquí la gran paradoja, viven en la miseria quienes producen la riqueza, ‹‹proletariado y riqueza son términos antagónicos››[58]; y quienes no viven sino a condición de explotar trabajo ajeno, cuyo único atributo es ser propietarios privados de medios de producción, se mantienen en la más descarada opulencia, ‹‹el bienestar de la clase burguesa tiene como condición necesaria la degradación de la clase trabajadora››.[59] ‹‹La miseria surge, por lo tanto, de la *esencia* misma del propio trabajo actual›› [60], ‹‹el proletariado no es la pobreza que *nace naturalmente*, sino la pobreza que *se produce artificialmente*››.[61]

> *Cuanto mayores sean la riqueza social*, el capital en funciones, el volumen y vigor de su crecimiento y *por tanto, también, la magnitud absoluta de la población obrera* y *la fuerza productiva de su trabajo*, tanto mayor será la pluspoblación relativa o ejército industrial de reserva. La *fuerza de trabajo disponible* se desarrolla por las *mismas causas* que la *fuerza expansiva del capital*. La magnitud proporcional del ejército industrial de reserva, pues, se acrecienta a la par de las potencias de la riqueza. Pero cuanto mayor sea este ejército de reserva en proporción al ejército obrero activo, tanto mayor será la masa de la pluspoblación *consolidada* o las capas obreras cuya miseria está en razón inversa a la tortura de su trabajo. Cuanto mayores sean, finalmente, las capas de la clase obrera formadas por menesterosos enfermizos y el ejército industrial de reserva, tanto mayor será el pauperismo oficial. *Esta es la ley general, absoluta, de la acumulación capitalista*. En su aplicación, al igual que todas las demás leyes, se ve modificada por múltiples circunstancias. [62]

---

[57] Marx, Karl, *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, Op. Cit., p. 106.
[58] Marx, Karl y Engels, Friedrich, *La Sagrada Familia*, Editorial Grijalbo, México, 1981, p. 100.
[59] Marx, Karl, "Discurso sobre el libre intercambio", en: Marx, Karl, Miseria de la filosofía, Siglo XXI, México, 1987, p. 154.
[60] Marx, Karl, *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, Op. Cit., p. 55.
[61] Marx, Karl, "En torno a la crítica de la filosofía del derecho de Hegel, Introducción", en: Marx, K. y Engels, F., *La Sagrada Familia*, Editorial Grijalbo, México, 1981, p. 14.
[62] Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 3*, Op. Cit., p. 803.

1.2.3. La ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia.[63]

Como hemos explicado, a lo largo de la obra de Karl Marx podemos identificar *tres leyes principales* que explican el desarrollo histórico del capitalismo en la *larga duración*: la Ley del Valor (LV), la Ley General de la Acumulación Capitalista (LGAC), y la Ley de la Tendencia Descendente de la Tasa de Ganancia (LTDTG). A través de las distintas vertientes y transformaciones de los *marxismos* se ha puesto mucho énfasis en las dos primeras leyes, pero en general la LTDTG ha quedado relegada a un lugar oscuro en la historia del marxismo, lo cual no deja de llamar la atención ya que para Marx la *ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia es la ley que rige el desarrollo histórico-global del capitalismo*, sustentada en las otras dos leyes pero englobándolas y potenciándolas. El desarrollo histórico del capitalismo, su compulsión por acumular y desarrollar las fuerzas productivas, así como las causas que motivan las crisis económicas, no se entienden si no es a través del esclarecimiento de esta ley.

> Es ésta [la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia], en todo respecto, la ley más importante de la moderna economía política y la esencial para comprender las relaciones más dificultosas. Es, desde el punto de vista histórico, la ley más importante. Es una ley que, pese a su simplicidad, hasta ahora nunca ha sido comprendida y, menos aun, expresada conscientemente. [64]

Muchos marxistas y no marxistas han intentado aventar esta ley debajo de un tapete conceptual tachándola de un disparate de Marx, de no ser históricamente relevante fuera del capitalismo del siglo XIX, o de ser un error de Friedrich Engels quien luego de la muerte de Marx fuera el encargado de la publicación del Tomo III de El Capital, en donde se explica la LTDTG. Nada más alejado de la realidad, Marx era bastante consciente de las implicaciones y alcances de esta ley, dejando constancia de ello en los *Grundrisse* (apuntes de Marx para sí mismo que no se publicarían hasta ya entrado el siglo XX). Son muchos los

[63] Parte del contenido de este apartado fue publicado como capítulo de libro: Galindo, Jorge y Rodrigo R. Gómez G., "Capitalismo y paradoja: reflexiones en torno a la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia", en: Aroch Fugellie, Paulina et al. (coord.), *Das Kapital. Marx, actualidad y crítica*, Siglo XXI, México, 2019, pp. 240-261.

[64] Marx, Karl, *Grundrisse, Vol. 2*, Siglo XXI, México, 1987, p. 634 de la enumeración al margen. Corchetes míos.

vericuetos teóricos de esta ley, así que intentaremos explicarla brincándonos algunos pasos, de manera concentrada y un tanto bastardizada para no confundir demasiado a los lectores.

En general, la LTDTG se explica por el *sistema de competencia capitalista* (el cual se explica a su vez desde la LGAC), es decir, en el afán de cada capitalista por incrementar su ganancia se lanza al mercado esperando desbancar a otros capitalistas en el control de la producción a través del *abaratamiento de costos* que a su vez abaraten el precio de las mercancías, lo que a su vez lleva a la muerte de los capitales rivales por falta de consumidores en un proceso cíclico y *autopoiético* donde aparecen y desaparecen capitales. El método más conocido para abaratar costos e incrementar ganancias sin necesidad de recurrir a términos marxistas es pagar menos a los trabajadores para de esa manera apropiarse de un tajo mayor de ganancias a costa de los empleados (lo cual es una extensión del *trabajo impago*, extracción de *plusvalía absoluta* sería el terminajo marxiano a grandes rasgos, proceso explicado por la LV), hacerlos trabajar más horas sin incrementar salarios (extracción de *plusvalía absoluta extensiva*), o hacerlos trabajar las mismas horas pero a ritmos acelerados (extracción de *plusvalía absoluta intensiva*).

Sin embargo hay límites a qué tanto se puede explotar a un trabajador de esta manera (biológicos, físicos y sociales), lo cual lleva a los capitalistas a buscar formas de *innovar en las maneras de producir para hacer lo mismo en menos tiempo y con menos uso de fuerza de trabajo*, así se incentiva el desarrollo tecnológico y es lo que explica el desarrollo brutal de las fuerzas productivas bajo el modo de producción capitalista en los últimos doscientos años. Así, un mismo trabajador hace más en menos tiempo sin necesidad de aumentar su salario, lo que en los hechos se refleja en que el capitalista extrae más plusvalía del trabajo individual de cada obrero (a grandes rasgos extracción de *plusvalía relativa,* incremento de la *tasa de plusvalor*). Ahora bien, de acuerdo a Cantinflas aquí es donde estaría el detalle, con las mejoras tecnológicas el *costo de producción de cada mercancía individual* decrece constantemente, por lo que la ganancia que se puede extraer de cada producto individual decrece con el tiempo.[65]

[65] "[…] la masa de ganancia por cada mercancía individual disminuirá mucho con el desarrollo de la fuerza productiva del trabajo, a pesar del crecimiento de la tasa de plusvalor". Marx, Karl, *El Capital, Tomo III, Vol. 6*, Siglo XXI, México, 2005, p. 288.

Es ésta una de las razones por las que el capitalismo debe funcionar siempre en base a *producción ampliada*: *para compensar la caída en la ganancia individual de cada mercancía se debe incrementar la escala de la producción*, para que en términos del *valor total de la producción*, es decir, de *masa de plusvalía y masa de ganancia*, el plusvalor y la ganancia sean cada vez mayores.

Hasta aquí hemos explicado que la *tasa de plusvalía* aumenta (qué tanto se extrae plusvalía de la fuerza de trabajo, el *porcentaje* de valor que la fuerza de trabajo regala al capitalista como tiempo de trabajo impago), que la *masa* de plusvalor y la *masa* de ganancia tienden a aumentar, pero no hemos explicado cómo es que la *tasa* de ganancia tiende a disminuir, porque ‹‹en ningún caso la baja de precios de la mercancía individual permite, *por sí sola*, extraer conclusiones con respecto a la tasa de ganancia. Todo depende de la magnitud de la suma global del capital que participa en su producción››.[66] Es decir, lo que define a una "tasa" en matemáticas es siempre una relación entre dos magnitudes, es la "relación entre la cantidad y la frecuencia de un fenómeno" según Deus Ex Wikipedia, por tanto se trata de una "proporción" y la proporción que Marx intenta medir es entre la plusvalía que se produce (su *masa*) y el *capital total* adelantado (invertido) en un proceso productivo, el cual en economía suele dividirse entre *capital variable* (pago en salarios o trabajo vivo) y *capital constante* (pago en maquinaria o trabajo muerto), que juntos conforman lo que se denomina la *composición orgánica del capital* (COK). Proporcionalmente el capital constante (Kc) crece más que el variable (Kv) y con frecuencia a expensas de éste en búsqueda del incremento de la plusvalía relativa, pero los dos juntos entendidos bajo el concepto de COK crecen más que la plusvalía lo que a la larga lleva a que *tendencialmente* la tasa de ganancia caiga. El plusvalor dividido entre una COK que crece más aceleradamente genera resultados cada vez más reducidos.

> El número de obreros empleados por el capital, es decir la masa absoluta del trabajo que éste pone en movimiento, por ende la masa absoluta del plustrabajo que ha absorbido, por consiguiente la masa del plusvalor que ha producido, y por lo tanto la masa absoluta de la ganancia que ha producido, puede aumentar entonces, y hacerlo en forma progresiva a pesar

[66] Ibid., p. 293. Cursivas mías.

de la baja progresiva de la tasa de ganancia. Este no sólo puede ser el caso. Debe serlo –al margen de fluctuaciones transitorias- sobre la base de la producción capitalista. [67]

Conforme más crezca la composición orgánica del capital (Kc+Kv) en relación a la plusvalía (P) menor será la tasa de ganancia (G'). Esta relación se expresa de mejor manera con la siguiente fórmula:

$$G'=P/(Kc+Kv)$$

Lo que en términos vernáculos esto quiere decir es que el hecho de que la mercancía individual genere menos plusvalor requiere que *a nivel de economía global* la inversión en maquinaria (capital constante), y en general en todos los elementos de la composición orgánica de capital pero sobre todo de capital constante, sea cada vez más grande para compensar esa pérdida, pero como la plusvalía (aunque aumenta en términos absolutos como masa) termina por ser insuficiente para cubrir el incremento absoluto de la composición orgánica del capital, se requiere de un nuevo proceso productivo ampliado en donde se genere más plusvalía (en términos absolutos) pero que de nuevo no compensa el incremento en la composición orgánica del capital, y esto se transforma en un *círculo vicioso que eventualmente desemboca en crisis de sobreproducción de capital*. Conforme aumenta la tasa de plusvalor, o dicho de otro modo, conforme los mecanismos de explotación de plusvalía se potencian (a través del desarrollo de fuerzas productivas), la tasa de ganancia cae, es una gran contradicción, justo el mecanismo que el capital aplica para elevar la tasa de plusvalía es el mismo que provoca que la tasa de ganancia caiga.

Si hay más valor invertido en sistema tecnológico que en capital variable, se termina provocando que la *masa de plusvalía*, aunque creciente, sea insuficiente para ese crecimiento del capital, ‹‹es ley general de la producción de mercancías que la productividad del trabajo y su creación de valor estén en razón inversa››[68], por eso la tasa de ganancia termina cayendo, la plusvalía producida dividida entre el capital variable y un capital constante creciente resulta en una tasa de ganancia de tendencia descendente; se produce demasiado con base en una población obrera en activo relativamente menor y en ello está la base de las crisis económicas: si proporcionalmente hay cada vez menos plusvalía debido a la productividad

[67] Ibid., p. 277.
[68] Marx, Karl, *El Capital, Tomo II, Vol. 4*, Siglo XXI, México, 2004, p. 179.

del trabajo que reduce el *tiempo de trabajo socialmente necesario*, y cada vez hay más inversión en capital constante, la plusvalía por sí misma es insuficiente para cubrir las necesidades reproductivas de dicho capital. La tendencia del desarrollo del capital es forzosamente ésta: si se quiere seguir explotando plusvalor se debe desarrollar la fuerza productiva, lo que lleva a que la tasa de ganancia caiga.

> La *tasa del beneficio* depende pues –supuestos *la misma plusvalía, la misma proporción de plustrabajo con respecto al trabajo necesario*- de la proporción entre la parte del capital que se intercambia por trabajo vivo y la parte que existe bajo la forma de materias primas y medios de producción. Cuanto menor sea, pues, la parte intercambiada por trabajo vivo, tanto menor será la tasa del beneficio […] cuanto más crezca pues el plusvalor relativo –la fuerza creadora de valor, propia del capital- tanto más *caerá la tasa del beneficio* […] El total del valor del capital comprometido en la producción se expresará, en cada parte del mismo, como proporción disminuida entre el capital intercambiado por trabajo vivo y la parte del capital existente como valor constante. [69]

El capitalismo fomenta el desarrollo tecnológico, pero al mismo tiempo ese desarrollo se vuelve problemático al provocar que la tasa de ganancia caiga al generar una desproporción en la COK debido al incremento de la participación del Kc sobre el Kv, por lo que la solución del capital es destruirlo cuando la acumulación se torna problemática. Es la medida más radical de contrarresto a la caída de la tasa de ganancia, al capital le estorba el capital, así que hay que destruirlo. Es por ello que Marx habla de *sobreproducción de capital*, una forma en extremo contradictoria de desarrollo tecnológico. De tal manera, la sobreproducción es inherente a la dinámica de acumulación capitalista y es la causa de toda crisis económica, se desarrolla la fuerza productiva a lo bestia sólo en aras de extraer más plusvalía, y en efecto, la masa de plusvalor aumenta, pero así como se desarrollan las fuerzas productivas decrece el *tiempo de trabajo socialmente necesario* para la producción de cada mercancía individual, es decir, hay que producir en escalas cada vez más brutales para compensar el decrecimiento individual de la plusvalía; así, se acumula más plusvalía, pero se torna insuficiente para la magnitud alcanzada por el capital constante, el incremento en la masa de plusvalor no alcanza a cubrir la necesidad reproductiva de todo ese capital por lo que se produce más y más hasta el punto del quiebre, ‹‹de ahí la *crisis*. Crisis del trabajo y

[69] Marx, Karl, *Grundrisse, Vol. 2*, Op. Cit., p. 633 de la enumeración al margen.

crisis del capital. Ésta es, entonces, una *perturbación en el proceso de reproducción* debida al aumento del valor de la parte del capital constante que debe reponerse con el valor del producto››.[70] Claro que la sobreproducción viene dada también porque el capitalismo produce sobre una demanda ciega, produce con la intención de valorizar el plusvalor pero sin certeza de que se logre lo cual añade *problemas al mantenimiento de la tasa de ganancia capitalista también en el plano de la circulación y no sólo en el de la producción que es el que aborda directamente la LTDTG*.

> La sobreproducción está condicionada de modo específico por la ley general de la producción de capital: producir hasta el límite establecido por las fuerzas productivas, es decir, explotar el máximo volumen de trabajo con el volumen dado de capital, sin tener en cuenta los límites reales del mercado o de las necesidades respaldadas por la capacidad de pago; y esto se lleva a cabo por medio de una continua expansión de la reproducción y la acumulación, y entonces, por una constante reconversión de la renta en capital. [71]

Por concluir este apartado conviene recordar que hay ciertas razones por las cuales Marx agregó el calificativo de "tendencial" a la LTDTG, lo principal es que hay ciclos económicos y con cada crisis y posterior recuperación hay oportunidad de elevar de nuevo la tasa de ganancia, pero además existen ciertas "causas contrarrestantes" que Marx considera como elementos que pueden impedir que la tasa de ganancia caiga y están en funcionamiento constante: elevación del grado de la explotación del trabajo; reducción del salario por debajo de su valor; abaratamiento de los elementos del capital constante; sobrepoblación relativa; comercio exterior; y aumento del capital accionario. Claro que todos estos mecanismos tienen sus límites y eventualmente la bomba explota.

[70] Marx, Karl, "Teoría sobre el plusvalor", en: Colletti, Lucio, *El marxismo y el 'derrumbe' del capitalismo*, Siglo XXI, México, 1983, p. 123.
[71] Ibid., p. 141.

1.3. LOS LÍMITES DEL CAPITAL SEGÚN IMMANUEL WALLERSTEIN.

Las leyes de Marx para describir el comportamiento del capitalismo a través de sus múltiples transformaciones nos dan claves para entender las tendencias del mundo moderno, por lo que a partir de ellas es posible ahondar mucho más y especificar tendencias más particulares que se extienden desde este plano predominantemente económico hacia diversas esferas de la materialidad social. Es posible, por ejemplo, derivar consecuencias medioambientales de la desaforada tendencia capitalista a producir cada vez en escalas más grandes para mantener la tasa de ganancia y conceptualizar cómo es que el capitalismo no puede existir sin destruir el medio natural, esto es algo a lo que Marx no le dedico demasiada reflexión pero que es fácil de analizar partiendo de sus postulados básicos y a lo que de manera específica nos abocaremos en este proyecto de doctorado. De esta manera, podemos conectar el pensamiento de Marx con otros autores de escuelas de pensamiento herederas que intentan profundizar en la reflexión de lo que nos deparan las tendencias básicas del sistema capitalista en el largo plazo.

Immanuel Wallerstein es uno de los pocos autores contemporáneos con un cuerpo teórico lo bastante extenso para realizar la titánica tarea de extender a escala secular el pensamiento de Marx, en verdad son pocos los autores con proyectos académicos tan abarcantes, que teoricen al capitalismo como sistema histórico desde sus orígenes y encuentren sus regularidades en el tiempo. Por ello, Wallerstein es un intelectual de un raro *pedigree* que lo vuelve sujeto de investigación por demás interesante para abordar problemáticas propias del mundo presente. Ya lo dice Carlos Aguirre en relación al tipo de historia que escribe I. Wallerstein:

> Es decir, una historia *interpretativa* y *teórica* del capitalismo, o una teoría e interpretación históricas de la evolución de la moderna sociedad capitalista, que, en consecuencia, inscribe el nombre de Immanuel Wallerstein dentro de esa muy reducida lista de los pensadores que, en los últimos ciento cincuenta años, se han atrevido a pensar el capitalismo como *problema global*, es decir en su unidad integral y en sus dimensiones más generales, lista que

> arrancando con Karl Marx se prolonga sólo con unos pocos autores más, como Max Weber, Werner Sombart, Norbert Elías, Karl Polanyi o Fernand Braudel.[72]

Wallerstein unifica el desarrollo del capitalismo histórico dentro de un esquema interpretativo de múltiples variables que demuestra que en el devenir del sistema-mundo capitalista los ‹‹desarrollos no fueron accidentales, sino, más bien, dentro de un cierto margen de variación posible, determinados estructuralmente››.[73] Y así, intentando elucidar estos márgenes de variaciones posibles de nuestro presente es que elegimos utilizar como eje *estructural* la noción de *límite* presente en la obra de Wallerstein, la cual pensamos posee la carga analítica más fuerte para abordar la problemática del desarrollo capitalista contemporáneo. Viendo al capitalismo desarrollarse en el largo plazo Wallerstein encuentra lo que él denomina "tendencias seculares", mismas que son la clave para entender el ascenso y caída del imperio del capital en el mundo. Estas *tendencias seculares* las encontramos a través de la historia en múltiples sociedades y distintos sistemas-mundo pero siempre con sus particularidades y siempre topándose con *límites* que no pueden traspasar:

> Sin embargo, las tendencias seculares no pueden continuar por siempre, pues se topan con asíntotas. Cuando esto sucede, ya no es posible que los ritmos cíclicos vuelvan a hacer que el sistema recupere el equilibrio, y es aquí donde el sistema entra en problemas.[74]

Lo que interesa, por tanto, es analizar cuáles son las tendencias seculares del capitalismo, cuáles las *asíntotas* a las que se enfrenta y cuál es la dinámica propia de cada una de ellas dentro del entramado total. No hay que perder de vista que la manera en que elegimos presentar estos límites por separado no quiere decir que cada límite funcione aislado del conjunto, nada de eso, son siempre *fenómenos con dinámicas propias pero imposibles de explicar si no es dentro del gran cuadro de la totalidad* que en nuestro caso se remitirá constantemente a las leyes del desarrollo del capitalismo ya expuestas. Veamos pues, cómo es que Immanuel Wallerstein explica al capitalismo y en el camino intentemos exponer los planteamientos generales de su pensamiento desde la noción de "límite".

---

[72] Aguirre Rojas, Carlos Antonio, ‹‹Immanuel Wallerstein y la perspectiva crítica del "análisis de los sistemas-mundo"››, en: Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Ediciones desde abajo, Bogotá, 2007, p. 16.
[73] Wallerstein, Immanuel, *El moderno sistema mundial, vol. I:* La agricultura capitalista y los orígenes de la economía-mundo europea en el siglo XVI, Siglo XXI, México, 1999, p. 230.
[74] Wallerstein, Immanuel, *La decadencia del poder estadounidense*, Era, México, 2005, p. 60.

1.3.1. El límite económico.

Podríamos decir que el límite económico es el más general de todos y en cierta medida abarca a todos los demás, lo cual es lógico si pensamos que el capitalismo es un sistema histórico que, como vimos, pone en primer plano lo económico por sobre todas las demás esferas de la reproducción social. Este límite abreva de manera directa de las leyes del desarrollo capitalista ya explicadas desde Marx y Engels, aunque claro que hay que leer a Marx a la luz de nuestro tiempo sacudiéndonos los viejos dogmas heredados por corrientes ideológicas que piensan sólo en términos de luchas políticas o de binomios en blanco y negro como el de "proletariado industrial" contra "burguesía industrial", todo dentro de estructuras bien definidas como los estados, el pensamiento de Marx es una teoría global de un fenómeno global (global en el sentido de *totalidad*) en constante movimiento y que por supuesto no se reduce sólo a lo que Marx dijo. Wallerstein intenta rescatar la teoría poniéndola en el justo contexto de una economía-mundo, donde así como entre burgueses y proletarios hay ganadores y perdedores, entre naciones y regiones también los hay:

> Mientras las ideas de Marx sean consideradas teorías sobre procesos que suceden en esencia dentro de los límites del estado y sobre procesos que incluyen a los obreros industriales urbanos asalariados que trabajan para la burguesía industrial privada, será fácil demostrar que esas ideas son erróneas, engañosas e irrelevantes, y que nos llevan a caminos políticos equivocados. Una vez aceptadas como ideas sobre un sistema-mundo histórico cuyo surgimiento mismo implica "subdesarrollo" –y de hecho se basa en él-, no sólo serán válidas sino también revolucionarias.[75]

Es justo así como Wallerstein pretende leer la obra de Marx, como una *teoría del cambio global de larga duración que explica al capitalismo como fenómeno total*, no como una entidad dividida en "fases" en las cuales todas las leyes cambian haciendo una fase irreconocible respecto a otra, sino como una teoría unitaria del capital desde cuya base es posible explicar la era moderna a partir de su surgimiento en el largo siglo XVI hasta nuestros días y proyectándola al futuro. De esta manera, si bien la obra de Wallerstein lleva unas buenas décadas en circulación, su argumento se ha mantenido bastante estable por lo menos desde 1973, más de 40 años de pensamiento vertido en letras y la coherencia unitaria de sus

[75] Wallerstein, Immanuel, *Impensar las ciencias sociales*, *límites de los paradigmas decimonónicos*, Siglo XXI, México, 1999, p. 178.

escritos se mantiene. Esto es en verdad extraordinario, algunos grandes pensadores no podrían presumir de una hazaña semejante, y probablemente la causa de este logro sea precisamente su mirada de larga duración que observa las regularidades y las tendencias a largo plazo del fenómeno que conocemos como capitalismo:

> Pienso que el análisis que hice de las estructuras del capitalismo continúa siendo tan válido como lo era hace varios lustros. No pienso que exista hoy una nueva versión del capitalismo, ni para mejor ni para peor. Y dudo bastante que exista incluso alguna cosa nueva o diferente en el seno del capitalismo, a la que pudiésemos llamar mundialización o globalización.[76]

Ahora bien, veíamos en la sección dedicada a Karl Marx que la ‹‹economía-mundo capitalista, como cualquier otro sistema, se ha conservado por sí sola durante mucho tiempo por medio de mecanismos que se encargan de reestablecer el equilibrio cada vez que sus procesos se apartan de él››.[77] Karl Marx ya había abordado esta temática en el tercer volumen de *El Capital*, donde dedica un capítulo a analizar lo que él denomina *como causas contrarrestantes de la tendencia descendente de la tasa de ganancia* y explica que se trata de una "tendencia" precisamente porque hay ‹‹influencias contrarrestantes que interfieren la acción de la ley general y la anulan, dándole solamente el carácter de una tendencia››.[78] Para Wallerstein también entran en consideración estos elementos, sin embargo suele reducirlos a tres fenómenos más generales que ubica en el ámbito de la interpretación de sistemas-mundo:

> Existen entonces por lo menos tres fenómenos que evidentemente han de "ajustarse": la localización de actividades productivas particulares, el nivel de remuneración (salarios de los obreros, número de personas que viven a expensas del "capital humano") y la dimensión de la economía-mundo como un todo. Para superar los "cuellos de botella de la acumulación", en el pasado los cambios se han producido en los tres fenómenos.[79]

Aquí es donde viene lo central del asunto para el viejo Wallerstein, *en la larga duración histórica* la dinámica de la acumulación de capital ha llevado a que *en el conjunto de la economía-mundo* haya habido ciertos *cambios acumulativos* que hacen cada vez más

---

[76] Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Ediciones desde abajo, Bogotá, 2007, p. 50.
[77] Wallerstein, Immanuel, *La decadencia del poder estadounidense*, Op. Cit., p. 59.
[78] Marx, Karl, *El Capital, Tomo III, Vol. 6*, Op. Cit., p. 297.
[79] Wallerstein, Immanuel, "La crisis como transición", en: Amir, Samin, et al., *Dinámica de la crisis global*, Siglo XXI, México, 2005, p. 20.

difícil superar estos "cuellos de botella de la acumulación". Según él hay tres costos de producción de los cuales el capital en su conjunto no puede librarse: insumos, salarios e impuestos. En ‹‹los últimos 500 años, los tres costos de producción se han elevado continuamente como porcentaje del precio de venta real de los productos […] El colapso económico en el que nos encontramos no es más que la expresión de los límites de la elasticidad de la demanda››.[80] A primera lectura a muchos les parecerá lógico este argumento y asentirán en silencio, a muchos otros les sonará ilógico por varias razones, tal vez sobre todo porque en algunas zonas o en algunos momentos históricos el sentido común dicta lo contrario, pero es necesario no dejar de recordar que Wallerstein habla del conjunto del sistema-mundo y de *larga duración*, no de algunas zonas en ciertos periodos.

> Para entender lo que sucede en el sistema-mundo contemporáneo, tenemos que examinar las razones por la que los costos de producción han ido elevándose en todo el mundo con el transcurso del tiempo a pesar de los esfuerzos de todos los productores, reduciendo de hecho el margen entre los costos de producción y los posibles precios de venta. En otras palabras, necesitamos entender por qué se ha reducido el promedio mundial de ganancias.[81]

También debemos recordar que Wallerstein, como Marx, en este contexto se refiere a las ganancias como *proporción*, es decir, a niveles relativos, comparándolas como porcentaje respecto al gasto hecho en el *proceso productivo* de un periodo en específico en salarios, insumos e impuestos. Debemos aclarar esto porque es obvio que la ganancia en términos de volumen, de masa (la masa de ganancia), tiene la tendencia a crecer pero a menor ritmo que los costos de producción, recordemos que Marx decía *que la tendencia de la tasa de ganancia a decrecer iba acompañada casi siempre de la tendencia de la masa de ganancia a aumentar*, y que esto más bien era la norma antes que la excepción. Por ejemplo, la ‹‹primera tendencia secular es el ascenso del nivel real de los salarios como *porcentaje* de los costos de producción, calculado como un *promedio en toda la economía-mundo*››,[82] lo cual es aplicable para la segunda y tercera tendencia secular que hacen referencia al

[80] Wallerstein, Immanuel, "¿Crisis, cuál crisis?", en: Gandásegui, Marco A. y Castillo Fernández, Dídimo (coordinadores), *Estados Unidos: la crisis sistémica y las nuevas condiciones de legitimación*, Siglo XXI, México, 2010, p. 19.
[81] Wallerstein, Immanuel, *Análisis de sistemas-mundo: una introducción*, Siglo XXI, México, 2013, p. 108.
[82] Wallerstein, Immanuel, *La decadencia del poder estadounidense*, Op. Cit., p. 60. [cursivas mías]

incremento del costo de los insumos y el pago de impuestos. En *proporción, pues,* las ganancias son menores en el conjunto de la economía-mundo visto desde la larga duración, lo cual no quiere decir que para Wallerstein no existan las ganancias extraordinarias de ciertos capitales, o periodos de auge, o la hiperconcentración del ingreso y la riqueza, ‹‹sistémicamente, existe una contracción, pero algunos estados centrales y en particular algunos estados semiperiféricos parecen resultar bastante favorecidos››.[83]

Ya veremos en los apartados siguientes cómo es que han disminuido las ganancias del capital en su conjunto en la larga duración, pero para concluir este apartado tal vez debamos recordar que en la perspectiva de Wallerstein el sistema capitalista se acerca a su *crisis terminal*, sea cierto o no hay bastante jugo que exprimir a su argumento en el camino a demostrarlo. En la tesis de maestría veíamos que lo mismo afirmaban todos los teóricos del derrumbe en su momento, y Wallerstein es consciente de ello, pero para él ‹‹el problema básico, si se me permite decirlo, es que la mayoría de las principales figuras de la izquierda mundial de los dos siglos anteriores no leyeron lo que dijo Braudel sobre la multiplicidad de los tiempos sociales y confundieron constantemente las alzas y bajas cíclicas con crisis estructurales››.[84] A lo que se refiere con "la multiplicidad de los tiempos sociales" es a que viendo el panorama desde el análisis de sistemas-mundo podemos apreciar la capacidad de saturación del sistema como conjunto y no sólo de algunas zonas en ciertos periodos, porque cada zona tiene un tiempo social distinto, las periferias viven a destiempo de las metrópolis y las semiperiferias por ejemplo. Entonces, en lo que habrían fallado los viejos hombres de izquierda es en apreciar al sistema como un todo, por ello ‹‹la capacidad del hombre para participar inteligentemente en la evolución de su propio sistema depende de su habilidad para percibirlo en su totalidad. Cuanto más difícil admitamos que resulta el trabajo, tanto más urgente es que abordemos el problema mejor antes que después››.[85] Así que intentemos abordar el problema estudiando los límites al capitalismo de manera más específica.

[83] Wallerstein, Immanuel, *Análisis de sistemas-mundo: una introducción*, Op. Cit., p. 49.
[84] Wallerstein, Immanuel, *La decadencia del poder estadounidense*, Op. Cit., p. 205.
[85] Wallerstein, Immanuel, *El moderno sistema mundial, vol. I*, Op. Cit., p. 17.

1.3.2. El límite demográfico.

Cuando Wallerstein habla de que la demografía puede jugar un papel en imponerle límites al capital lo hace siguiendo a Marx, en la tónica de la polarización, es decir, se pregunta *qué tanto el capital puede llevar al límite la polarización clasista y la proletarización antes de tocar fondo*. ¿Sería en verdad deseable para la economía-mundo un sistema compuesto totalmente por proletarios y burgueses? ¿En verdad se puede llegar a tal punto? La creciente *proletarización de la humanidad* parece ser una realidad innegable, los ‹‹analistas han percibido desde hace mucho tiempo la proletarización como una tendencia secular del moderno sistema-mundo. En realidad se ha subestimado la lentitud con que se ha dado verdaderamente. Y se ha desatendido lo crítico para el sistema-mundo moderno de su falta de universalización como forma de trabajo››.[86] Así que para Immanuel Wallerstein la *proletarización inacabada* del capital juega un gran papel en mantener funcionando al sistema. Veamos por qué.

Como regla, siempre que hay zonas de recién absorción a la economía-mundo el nivel salarial de la nueva población proletaria es menor al ingreso de los obreros de las metrópolis, es justo por ese desfase salarial que ciertas industrias deciden moverse a las periferias donde es más fácil explotar a los incautos nativos por varias razones, algunas de ellas históricas como la falta de leyes u organizaciones obreras, otras más económicas, entre las que destaca la existencia de zonas "semiproletarizadas", es decir, lugares donde la población no depende por completo del ingreso capitalista por lo que los salarios de subsistencia pueden ser demasiado bajos ya que se complementan con ingresos de autosubsistencia y no se pone en peligro de muerte por hambre a toda la capa de población obrera ocupada. Sin embargo, el capital lleva en su código genético la necesidad de expansión y conforme se apropia de nuevos espacios va *desruralizando* el mundo y lanzando a poblaciones enteras a la vida completa de proletario; por lógica el salario real tiene que elevarse para mantener a la fuerza de trabajo activa.

> […] los obreros nuevos en las industrias relocalizadas representan un grupo que por eso mismo van a transformar su vida de proletarios de tiempo parcial (o de semiproletarios) en la de proletarios de tiempo completo. Y aunque su nivel de salarios sea significativamente más bajo que el de obreros análogos de las zonas del centro –porque es precisamente por

[86] Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Op. Cit., p. 82.

> eso que se relocaliza la industria- este nivel salarial representa todavía un aumento incremente significativo, *en términos de dinero*, con respecto a su ingreso anterior de semiproletarios.[87]

La desruralización es entonces un problema desde el punto de vista de las ganancias, las cuales según Wallerstein son a menudo mayores cuando la población no ha sido proletarizada por completo porque parte de los *gastos de reproducción de la fuerza de trabajo* los paga la propia fuerza de trabajo. El problema es que el avance de la economía-mundo amenaza con desruralizar al mundo por completo, en nuestros días ‹‹una gran parte (cada vez mayor) de la fuerza de trabajo mundial es urbana y en su mayoría obtiene sus ingresos en forma de salario››.[88] Empero, este proceso histórico que conocemos como proletarización ha sido más lento de lo que parecería y aún quedan zonas con población que absorber, ya vimos que este proceso es beneficioso para el capital, entonces lo ‹‹sorprendente no es que haya habido tanta proletarización, sino que haya habido tan poca. Tras cuatro siglos al menos de existencia de este sistema social histórico, no se puede decir que la cantidad de trabajo plenamente proletarizado en la economía mundo capitalista llegue hoy en total ni siquiera a un cincuenta por ciento››.[89] Aun así, en la perspectiva wallersteiniana nos acercamos peligrosamente a la desruralización total y a la absorción total del espacio, ‹‹mientras el mundo fue básicamente rural desde el punto de vista demográfico, siempre resultaba sencillo encontrar dichas zonas››,[90] pero conforme la expansión indetenible del sistema prosigue la proletarización como mecanismo de regulación ante las crisis comienza a agotarse.

> ¿Cómo ocurrió que el mundo moderno se haya desruralizado progresivamente? Una explicación tradicional es que la industrialización exige la urbanización. Pero no es verdad […] a fin de resolver las dificultades recurrentes de los estancamientos cíclicos, los capitalistas fomentan cada vez más una desruralización parcial del mundo.[91]

¿Entonces por qué el ritmo de proletarización no ha sido más acelerado? La respuesta que da Wallerstein es que al sistema le conviene mantener zonas externas semiproletarizadas,

---

[87] Wallerstein, Immanuel, "La crisis como transición", Op. Cit., p. 23. [cursivas mías]
[88] Wallerstein, Immanuel, *Capitalismo histórico y movimientos antisistémicos: un análisis de sistemas-mundo*, Akal, Madrid, 2004, p. 308.
[89] Wallerstein, Immanuel, *El capitalismo histórico*, Siglo XXI, México, 2003, p. 12.
[90] Wallerstein, Immanuel, *Universalismo europeo: el discurso del poder*, Siglo XXI, México, 2007, p. 74.
[91] Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Op. Cit., p. 143.

es sólo hasta que la acumulación en los límites geográficos del sistema-mundo toca con límites profundos que los productores deciden masivamente apostar por las periferias del sistema. Por tanto, es ‹‹el bajo nivel de proletarización, y no el alto, el que creó y mantuvo el potencial de ganancias del sistema capitalista. Es el bajo nivel de burguesificación, y no el alto, el que creó y mantuvo la estructura política que aseguraba su supervivencia››.[92]

Por último, cuando Marx criticaba las premisas malthusianas de la población que presuponían que el mundo llegaría a una inevitable catástrofe si la raza humana continuaba multiplicándose a un ritmo mayor que el de la producción de alimento, lo hacía bajo el argumento de que Malthus no consideró en ningún momento el potencial de la técnica para sobreponerse a las condiciones naturales que limitaban a la producción. El capitalismo, como analizamos en el apartado dedicado a la *Ley general de la acumulación capitalista*, posee la tendencia a producir en escalas cada vez mayores, generando abundancia nunca antes concebida, la cual sin embargo no logra emancipar a la humanidad como un todo del látigo de la miseria al ser acumulada en pocas manos imponiendo una escasez artificial en contextos de abundancia. Pero al entrar al siglo XXI nos encontramos ante la amenaza de un retorno a Malthus, en donde el ansia de acumulación del capital y el desmesurado crecimiento demográfico llevan a ritmos de producción tan acelerados que terminan por sobrepasar la capacidad de carga del planeta desde el punto de vista del acceso a recursos naturales, es decir, a energéticos, materias primas de todo tipo, tierras cultivables, alimentos, ecosistemas, etcétera, que puedan mantener el ritmo de crecimiento y tasa de ganancia acostumbrados por el capital. Por ende, aunque no es un argumento muy presente en el planteamiento de Wallerstein, habría que considerar al ritmo de crecimiento acelerado de la población y el consumo de recursos que va aparejado como un límite al capital.

[92] Wallerstein, Immanuel, *Impensar las ciencias sociales*, Op. Cit., p. 182.

1.3.3. El límite geográfico.

Es ya un lugar común en el estudio de teoría política, relaciones internacionales, economía política y demás ramas del estudio de la sociedad como ente mundializado, dividir al orbe entre países "desarrollados" y países "subdesarrollados", o "en vías de desarrollo" si seguimos las definiciones convencionales que ven el desarrollo como teleología. Es también común en círculos académicos hacer esta diferenciación bajo los conceptos de "centros" y "periferias" que muchos retoman precisamente de Wallerstein y su escuela de análisis de sistemas-mundo. Básicamente, se hace alusión a que el capitalismo ha engendrado un sistema de estados en el cual hay claros ganadores y perdedores, donde unos imponen condiciones de explotación y los otros la sufren. Los estados centrales o metropolitanos, los centros del capitalismo mundial, los de primera industrialización que imponen patrones de producción y consumo se han mantenido en el trono durante siglos y los países periféricos que sufren la colonización económica también han sido básicamente los mismos durante el mismo tiempo ya que está en el interés de los centros mantener un diferencial de desarrollo para poder extraer mayor plusvalía/renta/ganancia de las poblaciones y recursos de las periferias.

La extensión espacial de las semiperiferias[93] y las periferias se ha ido ampliando con el tiempo, han sido quinientos años de absorción de nuevas zonas por parte de los centros, el proceso ha sido lento porque ‹‹como regla general, los límites geográficos de una economía-mundo son una cuestión de equilibrio. La dinámica de fuerzas en el centro puede llevar a una presión expansionista (como vimos que ocurrió en Europa en el siglo XV). El sistema se expande hacia el exterior hasta que llega al punto en que la pérdida es mayor que la ganancia››.[94] Pero conforme las necesidades de acumulación se han incrementado y el capitalismo se afianza en las zonas absorbidas el proceso se acelera y nuevas regiones y poblaciones necesitan ser incorporadas. Hay dos maneras en que el capital puede ubicarse en el espacio geográfico, la primera es la más obvia y conocida, la *expansión extensiva*, es decir

[93] Las semiperiferias son zonas de gran crecimiento económico pero que vistas en la larga duración nunca mantienen su lugar en el club de los países desarrollados, son más bien lugares donde la producción secundaria o *no estratégica* emigra avalada por los países metropolitanos distribuyendo un poco más la riqueza y dando la apariencia de un sistema no tan polarizado. Con la producción secundaria asentada en las semiperiferias los capitales del centro pueden dedicarse a desarrollar la industria de vanguardia mientras mantienen en relaciones de dependencia a los países semiperiféricos, quienes necesitan de los mercados controlados por las metrópolis; son lo que en el lenguaje de las relaciones internacionales suele conocerse como "estados vasallos".

[94] Wallerstein, Immanuel, *El moderno sistema mundial, vol. I*, Op. Cit., p. 477.

nuevas zonas antes inexploradas por el capital; la segunda opción es la *expansión intensiva*, esto es que en los espacios ya conquistados la explotación se vuelve más voraz en un intento por mantener las tasas de acumulación y ganancia.

En general es preferible para el capital la expansión extensiva porque implica menos adelantos de capital y menos gastos iniciales que la expansión intensiva que requiere mayores inversiones e incluso uso de nuevas tecnologías, por esto ‹‹el principal impulso de la expansión amplia fue contrarrestar la reducción de la tasa general de obtención de plusvalor como resultado de las consecuencias económicas *y políticas* de un incremento de la expansión intensiva››.[95] A pesar de ello los dos tipos de expansión son la norma en tiempos de crisis, periodos en los que la sobreproducción y la sobreacumulación empujan al capitalismo a buscar nuevos mercados donde realizar la ganancia, sin embargo, en cada periodo de crisis hay ciertos límites a lo que es posible expandirse dado por la capacidad económica del momento y por la disponibilidad de zonas de absorción.

> […] la desigual relación existente entre capital y trabajo, continuamente reproducida y reforzada en el puesto de trabajo, conduce al capital bien a la autodestrucción en el mercado, bien a un mayor desarrollo de la economía-mundo, tanto extensiva (incorporaciones) como intensivamente. Dado un planeta finito, cuanto más exhaustivo sea este desarrollo, mayor será la autodestructividad del capital.[96]

Volvemos a lo que ya tratamos en el apartado anterior, cada vez es más difícil encontrar zonas vírgenes, las zonas a donde los capitales metropolitanos pueden migrar cada vez más frecuentemente son zonas ya ocupadas por proletarios de tiempo completo y cierto nivel industrial lo cual impide el crecimiento desmedido que es típico de las zonas de reciente industrialización. Para Immanuel Wallerstein ‹‹resulta evidente que la expansión geográfica del sistema mundial servía para contrarrestar el proceso de reducción de las ganancias inherente a una mayor proletarización, al incorporar nuevas fuerzas de trabajo destinadas a ser semiproletarizadas››.[97] El problema según este autor es que en la práctica ya casi no hay nuevas poblaciones que absorber y la economía-mundo cubre territorialmente toda la

[95] Wallerstein, Immanuel, *Impensar las ciencias sociales*, Op. Cit., p. 180.
[96] Wallerstein, Immanuel, et al., *Movimientos antisistémicos*, Akal, Madrid, 2012, p. 13.
[97] Wallerstein, Immanuel, *El capitalismo histórico*, Op. Cit., p. 31.

superficie terrestre, por lo que nos acercamos en el siglo XXI a un *límite físico* o *geográfico* al desarrollo del capital.

Y en la última etapa histórica de este sistema-mundo, que es la que coincide con el surgimiento de todas las teorías de la globalización y en buena parte con el periodo neoliberal, las contradicciones propias del capitalismo agudizadas por el agotamiento de zonas de absorción han hecho que el desempleo y la precarización laboral repunten en los países del centro que típicamente desplazaban con facilidad sus capitales a las periferias y encontraban zonas de bajos salarios. Como ahora las periferias y semiperiferias se encuentran abarrotadas no es tan fácil insertar nuevas industrias o reclutar obreros semiproletarizados con salarios tan bajos como a los que históricamente se había acostumbrado el sistema. Con el surgimiento de altas tasas de desempleo en las zonas centrales los Estados ahora luchan por desplazar el desempleo hacia otros Estados, ‹‹la reducción del empleo lleva a una intensa competencia entre los estados que son centros de acumulación, que intentan todo lo posible para exportar el desempleo a otra parte […] No es difícil demostrar que todo esto ha estado ocurriendo desde alrededor de 1967-1973 hasta hoy››.[98] En la explicación de Wallerstein sería precisamente por este abarrotamiento de capitales en el mundo que las élites capitalistas de los Estados del centro promovieron la implementación de las políticas neoliberales encaminadas a *desindustrializar* a las periferias y a deprimir los salarios reales de las poblaciones del tercer mundo de manera tan dramática (cuando en la larga duración los salarios han tendido a subir). Es éste un mecanismo extraordinario para elevar la tasa de ganancia a costa de la burguesía periférica al destruir mediante la competencia toda su industria dejando el terreno apto para la reconstrucción, pero sobre todo a costa de la clase obrera que vive en este periodo una gran regresión histórica respecto de los logros conseguidos durante la época del Estado de bienestar; sólo algunos países semiperiféricos parecen haber sido favorecidos.

[98] Wallerstein, Immanuel, *Conocer el mundo, saber el mundo: el fin de lo aprendido*, Siglo XXI, México, 2011, p. 43.

1.3.4. El límite ecológico.

Ya hemos visto que el capitalismo depende de la expansión constante para mantenerse, desde hace cinco siglos no ha dejado de absorber nuevas geografías (extensiva e intensivamente), lo cual también quiere decir que el uso que hace del ambiente es cada vez mayor. El gran problema con este desarrollo secular que ha dejado olvidado el cuidado del ambiente es que ‹‹como los empresarios no renovaban la base ecológica y tampoco había un gobierno (mundial) dispuesto a cobrar impuestos suficientes para ese propósito, la base ecológica de la economía-mundo se ha ido reduciendo constantemente››.[99] Ante este escenario cada vez más apremiante los herederos actuales del capital se encuentran un panorama bajo el cual *el uso y abuso del ambiente comienza a generar costos que históricamente habían sido mínimos o inexistentes*. Wallerstein cree que un elemento esencial en la acumulación de capital es que los grandes capitalistas en especial, pero la clase capitalista como conjunto en general no paga sus cuentas ("el secreto sucio del capitalismo" lo llama), y una de las cuentas cuyo pago sistemáticamente intenta evitar es precisamente el pago por el uso y desecho de recursos.

> La razón principal por la que el capitalismo como sistema ha sido tan increíblemente destructivo para la biosfera es que, en gran medida, los productores que se benefician de la destrucción no la registran como un costo de producción sino, todo lo contrario, como una reducción de los costos.[100]

Entonces, no sólo la reparación del ambiente y la exigencia por el pago por su uso generarían costos extras para el capital, es lógico también que el *agotamiento de los recursos* sea un problema gravísimo para el proceso de acumulación, el ‹‹agotamiento global de materias primas ha propiciado la creación de sustitutos más caros. Y debido a los costos siempre en aumento de la infraestructura ha surgido la exigencia de que los usuarios asuman sus costos, cuando menos en mayor medida. El efecto de estas tres respuestas de la sociedad ha sido un incremento significativo en el costo de los insumos››.[101] Por tanto, viviendo bajo el signo de la finitud, el capital ha tendido a través de los siglos a elevar la parte de los costos de producción destinada a insumos, es decir, el gasto hecho en mantenimiento-reposición-sustitución de materia prima se ha ido elevando estructuralmente.

---

[99] Wallerstein, Immanuel, *Después del liberalismo*, Siglo XXI, México, 2005, p. 39.
[100] Wallerstein, Immanuel, *Utopística, o las opciones históricas del siglo XXI*, Siglo XXI, México, 2010, p. 44.
[101] Wallerstein, Immanuel, *Universalismo europeo: el discurso del poder*, Op. Cit., p. 76.

Ya analizamos en el apartado sobre el *límite demográfico* la tendencia de los salarios a absorber una parte cada vez más grande de la ganancia capitalista y vimos que para Wallerstein dicho fenómeno es la *primera tendencia estructural de larga duración* que está llegando a un límite, ‹‹la segunda tendencia de larga duración se conoce como crisis ecológica. Desde el punto de vista capitalista, debería llamarse la amenaza al fin de la externalización de los costos››.[102] El problema se explica por sí solo: el acceso al ambiente es cada vez más limitado (en términos de quién se apropia de los recursos) y cada vez más complicado reponer el daño, por lo que también se está llegando al límite de lo que es posible explotar sin incurrir en costos crecientes que frenen la dinámica de la acumulación. Los grandes capitales intentan transferir el costo de reparación a las estructuras estatales o simplemente ignorar el problema para continuar embolsando ganancias extraordinarias.

> La ganancia es una recompensa no sólo por la eficiencia sino por un mayor acceso a la asistencia estatal […] El modo más barato de lidiar con la transformación del sistema ecológico es pretender que no está teniendo lugar. […] El segundo modo de externalizar costos es ignorar el agotamiento de los materiales.[103]

Existen además otros varios mecanismos a través de los cuales los capitalistas intentan evitar el costo creciente de los materiales y del manejo de residuos, tal vez el mecanismo más socorrido en las últimas décadas haya sido *transferir la devastación hacia las periferias del sistema*, claro que este mecanismo ha estado en uso desde los albores de la economía-mundo, pero desde la segunda mitad del siglo XX el agotamiento de los recursos primarios se ha agudizado luego del repunte leviatánico de la producción mundial, crecimiento que no iba a la par del crecimiento/recuperación del mundo natural, por lo que los grandes centros capitalistas comenzaron a desplazar a grandes escalas los costos ecológicos más grandes a las zonas periféricas y semiperiféricas. Según Wallerstein, ‹‹una solución que interesará a muchos en el Norte es exportar los costos al Sur, trasladando los desechos y las industrias que no quieren internalizar los costos de la gestión de los desechos y tratan, en consecuencia, de eludir los controles burocráticos››.[104]

---

[102] Wallerstein, Immanuel, *Historia y dilemas de los movimientos antisistémicos*, Contrahistorias, México, 2008, p. 209.
[103] Wallerstein, Immanuel, *Análisis de sistemas-mundo: una introducción*, Op. Cit., p. 71.
[104] Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Op. Cit., p. 97.

No será difícil demostrar que luego del regreso de un periodo de liberalización económica en los años ochenta del siglo pasado la tendencia ha sido justo esa, los Tratados de Libre Comercio promovidos por el Norte global han auspiciado este tipo de estrategias y lo siguen haciendo apoyados por burguesías de la periferia que se benefician del desmantelamiento de estructuras productivas y naturales del Tercer Mundo. Al menos por un momento se ha logrado *en ciertas partes* mantener la externalización de los costos de producción enriqueciendo con ganancias extraordinarias a *ciertos sectores* del capital mundial, el problema es que dado el ritmo frenético de la sobreexplotación del ambiente también la estrategia de los capitales metropolitanos de desplazar los costos a las periferias del sistema está llegando a un límite:

> El problema aquí es semejante al de la reubicación como remedio al costo del salario. Funciona mientras existan áreas no utilizadas en las cuales arrojar los desperdicios. Pero más adelante ya no habrá más ríos que contaminar o árboles que talar, cuando menos, no sin inmediatas consecuencias serias para la salud de la biosfera. Ésta es la situación en la que nos encontramos en la actualidad después de quinientos años de tales prácticas, motivo por el cual hoy contamos con un movimiento ecologista que ha crecido velozmente por el mundo entero.[105]

Así, *el capitalismo socava sus condiciones de producción* al destruir el medio ambiente y hacerlo escaso elevando así los costos de producción. La primera contradicción (capital-trabajo) golpea al capital desde el lado de la demanda, la segunda (capital-naturaleza) desde el lado del costo, y ambas contradicciones que en un caso llevan a crisis de sobreproducción y en el otro a crisis de subproducción tienen que ver con la competencia mundial entre capitales que obliga a sobreproducir capital y a destruir el mundo natural.

[105] Wallerstein, Immanuel, *La decadencia del poder estadounidense*, Op. Cit., p. 63.

1.3.5. El límite político.

Desde los albores del moderno sistema mundial la evolución del Estado y del capital ha ido de la mano al grado en que Fernand Braudel piensa que es imposible pensar el uno sin el otro, ‹‹las propias estructuras del Estado fueron un importante apoyo del nuevo sistema capitalista (por no mencionar que fueron su garantía política). Como dice Braudel: "Lo haya pretendido o no, el Estado se convirtió en el empresario más importante del siglo". Más aún, era un cliente fundamental para los comerciantes››.[106] Y es que la acción estatal, de los estados-nación emergentes del centro europeo, era fundamental para imponer el dominio económico en otras latitudes, el apoyo y el financiamiento de las magnitudes presenciadas en aquellos primeros siglos de la era capitalista era aún impensable para grupos capitalistas privados, y aún más crítico fue el apoyo de las estructuras político-económicas bajo control del Estado, como las instituciones burocráticas y las fuerzas armadas, sin mencionar las importantes inversiones en vías de comunicación y la fundamental homogeneización de las finanzas que sólo fue posible gracias a la creciente centralización del poder en manos de un sistema de Estados.

> Los estados tienen principalmente tres mecanismos que transforman las transacciones económicas del mercado. El más obvio es la fuerza de la ley […] Otro instrumento del estado es la creación de monopolios […] asunción directa de los costos a través de la infraestructura […] ofrecen a los empresarios la posibilidad de no pagar los costos de la reparación de daños causados por ellos a cosas que no son de su propiedad […] Esto nos lleva al tercer modo en que los estados pueden impedir que el mercado funcione libremente. Los estados son grandes compradores en sus mercados nacionales, y los estados grandes son responsables de una proporción impresionante de las compras en el mercado mundial.[107]

El *control de la producción y de la división internacional del trabajo que permite el apoyo de un Estado central fuerte* es la premisa para que los distintos capitales nacionales se expandan por el mundo bajo condiciones privilegiadas:

> El nuevo sistema iba a ser el único que ha predominado desde entonces, una economía-mundo capitalista en la que los Estados del centro iban a quedar entrelazados en una situación constante de tensión económica y militar, compitiendo por el privilegio de

[106] Wallerstein, Immanuel, *El moderno sistema mundial, vol. I*, Op. Cit, p. 187.
[107] Wallerstein, Immanuel, *Conocer el mundo, saber el mundo: el fin de lo aprendido*, Op. Cit., pp. 74-76.

> explotar a las áreas periféricas (y debilitar sus aparatos de Estado), y permitiendo a ciertas entidades jugar un papel intermediario especializado como potencias semiperiféricas.[108]

Hay también una lógica económica más clasista que requiere de la existencia de un orden estatal, *si el capitalismo ha sido capaz de florecer ha sido gracias a que el sistema-mundo contiene múltiples sistemas políticos y no uno solo*, las estructuras de poder han permitido y justificado la existencia de la desigualdad a nivel global, lo que esto quiere decir es que para un Estado fuerte es justificable la pobreza y la desigualdad en otras latitudes dominadas por otros Estados porque su población y su desarrollo económico no es responsabilidad suya. Los Estados fungen como empresas monopólicas gigantescas y como tales perciben a otros Estados como competidores en el mercado mundial por lo que es deseable (en cierta medida) el atraso económico y la precariedad social de otros mercados bajo el control de otros Estados. Así, la existencia de otros sistemas políticos hacia los que exportar el descontento y la miseria y de donde se pueden extraer ganancias extraordinarias por la industrialización precaria y la mano de obra barata, sobre quienes se puede tener "ventajas comparativas", es por lo demás una gran condición de desarrollo.

> Este poder materializado en los Estados-nación, cualesquiera que fuese su origen, podía utilizarse al mismo tiempo, y lo ha sido de modo habitual, en dos direcciones: como instrumento agresivo/ofensivo de la competencia intracapitalista en la economía-mundo y como instrumento agresivo/ofensivo de la lucha de clases en los espacios nacionales.[109]

Así, el poder de los Estados según Immanuel Wallerstein ha seguido una curva ascendente durante quinientos años teniendo cada vez más responsabilidades y más áreas de influencia extensiva e intensivamente, sin embargo, en la visión de nuestro autor de cabecera en los años finales del siglo XX ‹‹esta tendencia secular comenzó a revertirse agudamente en distintas formas. La unidad de las maquinarias estatales comenzó a deshacerse en forma crítica en las zonas centrales››.[110] El periodo de los Estados de Bienestar vio una muy definida separación geográfica entre centros y periferias donde en los centros el desempleo y la pobreza parecían cosas del pasado, sin embargo, luego de la crisis de los setentas del siglo

[108] Wallerstein, Immanuel, *El moderno sistema mundial, vol. I*, Op. Cit., p. 279.
[109] Wallerstein, Immanuel, et al., *Movimientos antisistémicos*, Op. Cit., p. 15.
[110] Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Op. Cit., pp. 78-79.

XX la pobreza y el desempleo comenzaron a hacerse endémicos también en ciertos enclaves de los países centro (tal como lo previera Vladimir Ilich) inaugurando el *Cuarto Mundo*.

> […] observamos que los Estados individuales son cada vez más incapaces de moderar, separada e individualmente, el funcionamiento de la economía-mundo capitalista dentro de su propia jurisdicción política. Sin embargo, en el mundo moderno la legitimación de los Estados ha derivado históricamente de dos líneas de actuación: su capacidad para asegurar la promesa de una mayor prosperidad y su capacidad para limitar los estragos de la economía-mundo capitalista. Todos los Estados han perdido la última de ellas y casi todos la primera.[111]

Aquí es donde entra *la tercera asíntota que según Wallerstein está llegando a un límite*: *el aumento estructural de los impuestos en la larga duración que asfixia aún más las tasas de la ganancia capitalista*. Esta ‹‹tercera presión [secular] se encuentra en el ámbito de la tributación […] la constante exigencia de seguridad: el ejército, la policías […] las dimensiones de las burocracias civiles del mundo››.[112] Ante el creciente aumento de las funciones del Estado históricamente ha sido cada vez más grande la exigencia impositiva a los capitales privados, no sólo en términos absolutos sino también porcentuales, el porcentaje impositivo era casi nulo en el siglo XIX y desde entonces no ha parado de crecer *como promedio mundial* (véase apartado 5.1). Más dinero para los Estados a través de los impuestos podría parecer a primera vista que habría más capacidad de acción y más fortaleza de la estructura estatal, pero al parecer no es así, existe un *cuarto factor* que hay que tomar en consideración: *la capacidad de los Estados para atender las crecientes exigencias de la población y del capital* ha ido menguando como tendencia secular mano a mano con el proceso de "democratización"; las demandas obreras y empresariales van en aumento también en las periferias y de acuerdo a Wallerstein la democratización y la acumulación de capital son procesos contrapuestos.

> El cuarto factor es la reversión del poder del estado […] La democratización del mundo y la crisis ecológica plantean un nivel imposible de demandas a las estructuras del Estado, que sufren ahora una "crisis fiscal". Pero si reducen los gastos para aliviar esta crisis, reducen también su capacidad de ajustar el sistema. Es un círculo vicioso, y cada fracaso

[111] Wallerstein, Immanuel, et al., *Movimientos antisistémicos*, Op. Cit., p. 110.
[112] Wallerstein, Immanuel, *La decadencia del poder estadounidense*, Op. Cit., p. 64.

> del Estado hace que se le confíen menos tareas, lo que termina en una revuelta fiscal genérica. Y conforme el Estado se hace menos solvente, hará sus tareas con mucho menor eficacia. Ya hemos entrado al vórtice de este proceso.[113]

Este retroceso histórico de la acción social del Estado también va aparejado con una tendencia a la privatización de la estructura estatal lo que redunda en menos recursos para los Estados y más presiones para los capitales privados, ya que ‹‹en la medida en que la infraestructura es privatizada, la cuenta la pagan las firmas involucradas››.[114] De esta manera, ante la incapacidad del Estado para satisfacer las necesidades de población y capitales, se generan movimientos (tanto de población como de capitales) abiertamente *antiestatistas* que progresivamente minan la estabilidad del sistema de Estados, y al deslegitimarlo se pone en peligro también la acumulación incesante de capital, uno de cuyos pilares esenciales, como hemos visto, siempre ha sido el Estado.

[113] Wallerstein, Immanuel, *Historia y dilemas de los movimientos antisistémicos*, Op. Cit., p. 211.
[114] Wallerstein, Immanuel, *Análisis de sistemas-mundo: una introducción*, Op. Cit., p. 113.

1.3.6. El límite social.

Immanuel Wallerstein acuñó el término "movimientos antisistémicos" para referirse a las actividades populares encaminadas a minar la estabilidad del sistema con la intención de cambiarlo o subvertirlo, como el término lo indica, un movimiento sólo es antisistémico en la medida en que atenta contra la dinámica de reproducción del sistema. Históricamente han existido movimientos antisistémicos desde que el tiempo es tiempo para el hombre, es así que el capitalismo histórico surge con su buena dosis de este tipo de movimientos, si bien en la mayoría de los casos sin ser conscientes de su actividad antisistémica. Para Wallerstein no es sino ‹‹hacia el siglo XIX que, por primera vez, se han constituido movimientos antisistémicos, políticos, organizados y durables››.[115] La marca histórica de estos *primeros movimientos antisistémicos organizados* fue la creencia en la misma máxima que fundamentaba su estrategia política: *tomar el poder del Estado para cambiar el mund*o.

El pequeño detalle, según Wallerstein, es que luego de la decepción histórica que causaron las fallidas revoluciones socialistas, las fallidas reformas socialdemócratas y el fallido progreso liberal, por primera vez luego de ciento cincuenta años de seguir la estrategia de "dos pasos" (tomar el poder y cambiar el Estado) los movimientos antisistémicos comienzan a buscar formas distintas de cambiar el mundo, empero, ‹‹lo que ha muerto es el marxismo-leninismo como estrategia reformista. Lo que hasta ahora no ha muerto es el ímpetu antisistémico –popular y "marxiano" en su lenguaje- que inspira a fuerzas sociales reales››.[116] A pesar de este viraje antiestatista de los movimientos antisistémicos que se explica por la pérdida de la fe en la reforma inevitable Wallerstein cree que la conquista del Estado no debe dejar de ser considerada, pero ‹‹puede ser tal vez una conquista posterior en cuanto a la sucesión cronológica. Y es posible que, a diferencia de lo que habíamos creído, sea más bien la conquista de todo el resto de los espacios el que sea la clave del control del Estado, y no a la inversa››.[117] Los cambios desde el Estado han cambiado el modelo en turno de acumulación de capital pero hasta el momento no han terminado con ella.

Como analizamos en el apartado anterior, la capacidad de los Estados para controlar y atender a sus poblaciones ha disminuido y la prognosis es que tal dinámica continúe,

---

[115] Wallerstein, Immanuel, *Historia y dilemas de los movimientos antisistémicos*, Op. Cit., p. 60.
[116] Wallerstein, Immanuel, *Después del liberalismo*, Op. Cit., p. 219.
[117] Wallerstein, Immanuel, *Historia y dilemas de los movimientos antisistémicos*, Op. Cit., pp. 127-128.

además la tendencia a la "democratización" del mundo que trae aparejada crecientes demandas de grupos desfavorecidos va en perjuicio de la acumulación de capital, por lo que la democratización no es un interés siquiera primario de la clase capitalista, ‹‹hemos llegado así a una situación en que los empresarios se enfrentan a un callejón sin salida en una búsqueda mayor de acumulación de capital y las fuerzas populares han llegado a un callejón sin salida en la búsqueda de la transformación del mundo por medio de la adquisición de poder estatal››.[118] Partiendo de este escenario de *crisis fiscal de los Estados* es que los nuevos movimientos antisistémicos operan muchas veces fuera de toda jurisdicción estatal, se crean enclaves territoriales en los que el poder gubernamental es nulo y el poder pasa a manos de quienes decidan tomarlo, el problema con esto es que las más de las veces se da pauta para nuevas formas de explotación en las que quienes mueven los hilos del poder son movimientos religiosos fundamentalistas, grupos criminales, paramilitares y demás denominaciones anexas.

Por eso, ante esta creciente vulnerabilidad de las poblaciones y sociedades civiles de todo el orbe, ‹‹no es incongruente que hoy las mismas personas se vuelvan hacia el estado (para que los ayude a sobrevivir) y denuncien al estado y la política en general como inútiles e incluso nefastos (en términos de la reestructuración del mundo en la dirección que esperan que pueda ir)››.[119] Bajo esta lógica es que Wallerstein cree que aunque las victorias electorales no han de transformar al mundo no pueden pasarse por alto, ya que son un mecanismo clave para proteger las necesidades más inmediatas de la población, la estrategia antisistémica debe tomar en cuenta la posición del Estado en el proceso de acumulación de capital por lo que ‹‹la demanda más popular que se les hace a todos los Estados es "más": más educación, más salud, más ingreso vitalicio garantizado. Esto no es nada más popular; resulta inmediatamente beneficioso en la vida de las personas. Y es una vuelta de tuerca a las posibilidades de acumulación sin fin del capital. Estas demandas hay que impulsarlas ruidosamente, continuamente y en todas partes. Nunca serán excesivas››.[120] Ahora atendemos también a la diversificación de demandas particularizadas ante el fracaso de la estrategia del cambio por la toma del Estado, comienzan a surgir grupos pacifistas,

[118] Wallerstein, Immanuel, *Estados Unidos confronta al mundo*, Siglo XXI, México, 2012, p. 136.
[119] Wallerstein, Immanuel, *Después del liberalismo*, Op. Cit., p. 8.
[120] Wallerstein, Immanuel, *La decadencia del poder estadounidense*, Op. Cit., p. 231.

ecologistas, altermundistas, feministas y muchos otros que ya no se agrupan bajo el ala de ningún partido, ‹‹de diferentes modos, cada uno de estos movimientos estaba expresando su disconformidad no tan sólo con las estructuras socioeconómicas que gobernaban sus vidas, sino también con la estrategia histórico-política de los partidos socialdemócratas (y comunistas) para conseguir el cambio necesario››.[121]

Pero no todo es miel sobre hojuelas, *ante la desilusión histórica del cambio surgen también movimientos que, siguiendo a Eric Hobsbawm, podríamos catalogar como parte de una lucha de clases degradada*, es decir, movimientos que plantean programas de acción política encaminada no al bienestar general sino a la reconfiguración social basada en la raza, la religión o la xenofobia. Podríamos decir que se trata de movimientos que en su centro se piensan antisistémicos y que rechazan las premisas de la modernidad capitalista que ha demostrado ser incapaz de traerles bienestar, empero, su rechazo a la modernidad no atenta contra la estructura del sistema y ven el enemigo no en la estructura del sistema-mundo sino en lo *Otro*, así deciden aislarse del mundo y considerarlo su enemigo proclamando un regreso a modelos ideales de sociedad. Es por esto que el ‹‹resurgimiento con fuerza renovada de movimientos religiosos fundamentalistas, integristas y neotradicionalistas en todos los rincones del planeta, debería verse entonces no como el regreso a ciertas pautas anteriores al sistema-mundo moderno, sino como una modalidad antiestatalista revisada que pretende alcanzar el objetivo aún sin cumplir de la modernidad: la equidad en la realización de una calidad decente de vida››.[122]

Esto nos lleva a la otra gran alternativa que los movimientos antisistémicos de todo el orbe comienzan a proponer, el rescate de proyectos civilizatorios previos al propuesto por la modernidad capitalista, no significa un regreso al pasado, sino una reformulación desde valores comunitarios donde la producción se realice para la vida y no para el mercado. No se trata de socialismo, sino que es un "antioccidentalismo" abierto que pretende ser un puente entre las fuerzas positivas de la modernidad y el sueño utópico.

> Existe, no obstante, una tercera lógica que en algún sentido es la gran variable desconocida, la cual puede ser el árbitro entre las fuerzas del socialismo y las de la dominación. Ésta es la lógica del proyecto civilizacional […] Se deduce por lo tanto que el surgimiento de

[121] Wallerstein, Immanuel, et al., *Movimientos antisistémicos*, Op. Cit., p. 75.
[122] Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Op. Cit., p. 81.

> movimientos antisistémicos implicó un desafío a esta premisa cultural de la economía-mundo capitalista, una insistencia sobre el "renacimiento" de otras "civilizaciones".[123]

Para Immanuel Wallerstein el momento de la lucha es ahora, cuando vivimos la crisis terminal del sistema, aún nada está escrito y *el proyecto civilizatorio que se construye puede decantarse tanto por lo utópico como por lo distópico*. No se trata simplemente de sentarnos a esperar a que las fuerzas deterministas del progreso histórico nos lleven a una vida mejor, la palabra final la tienen los movimientos antisistémicos que se construyan y de ellos depende cómo será cimentado nuestro futuro, ‹‹cuando el sistema histórico era relativamente estable, las acciones grandes (por ejemplo las revoluciones) tenían efectos relativamente reducidos sobre el funcionamiento del sistema, mientras que ahora incluso acciones pequeñas pueden tener efectos relativamente grandes, no tanto en cuanto a la reforma del sistema actual como en la determinación de los contornos del sistema o los sistemas que eventualmente lo remplazarán››.[124]

[123] Wallerstein, Immanuel, "La crisis como transición", Op. Cit., p. 59.
[124] Wallerstein, Immanuel, *Después del liberalismo*, Op. Cit., p. 173.

1.3.7. El límite civilizatorio.

Las posibilidades de la catástrofe son diversas y en el caso de la *crisis civilizatoria* ante la que nos encontramos es posible que el capitalismo caiga por motivos ajenos a la dinámica de acumulación capitalista en cuanto tal (aunque derivados de ella), como por guerras nucleares o catástrofes ecológicas, por ello ‹‹la crítica al impulso prometeico ha sido la más reciente y en muchos sentidos la más significativa. Las presiones en favor de la acumulación de capital han conducido no sólo al avance tecnológico (presumiblemente neutral en el peor de los casos y virtuoso en el mejor) sino a una capacidad destructiva enorme››.[125] El creciente poder de la tecnología en manos de los acumuladores de capital ha permitido ver y pensar escenarios de pesadilla dignos de novelas distópicas, la reacción más común es achacarle el problema a la tecnología de forma abstracta sin pensar que la tecnología tiene un uso capitalista y no un uso para la vida. Queda claro entonces que la técnica por sí sola no genera bienestar ni progreso, en los inicios del siglo XXI más bien parecería lo contrario, la tecnología y la liberación ya no parecen ir de la mano, así que ‹‹hoy, y durante los próximos cuarenta o cincuenta años, el sistema mundial se halla en una aguda crisis moral e institucional […] lo que está ocurriendo es que por fin hay una tensión clara y abierta entre la modernidad de la tecnología y la modernidad de la liberación››.[126]

Conforme la tecnología se desarrolla su "democratización" se torna inevitable y un creciente número de personas y Estados puede acceder a herramientas tecnológicas insospechadas, es decir, ‹‹aunque los países del Norte sin duda sigan manteniendo una considerable ventaja tecnológica en su capacidad militar, el poder de los países débiles por primera vez será suficientemente destructivo para volverse de verdad peligroso››.[127] Y no sólo los Estados, también grupos paramilitares, guerrilleros, revolucionarios y fundamentalistas pueden acceder a la potencia destructiva, ‹‹unas cuantas armas atómicas anticuadas pueden hacer un daño increíble; la guerra bacteriológica no es muy difícil técnicamente hablando. Desde mi punto de vista, la proliferación de armas nucleares es incontenible››.[128] Conforme la "estatalidad" declina y la tecnología avanza, nos dice Wallerstein, será más difícil contener el crecimiento furtivo de la guerra táctica local.

---

[125] Wallerstein, Immanuel, *Después del liberalismo*, Op. Cit., p. 176.
[126] Wallerstein, Immanuel, Ibid., p. 145.
[127] Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Op. Cit., p. 93.
[128] Wallerstein, Immanuel, *Utopística, o las opciones históricas del siglo XXI*, Op. Cit., p. 59.

Sin embargo el gran peligro no viene de guerras tácticas locales sino de guerras a gran escala, la tensión entre grandes potencias en un mundo crecientemente multipolar que limita la generación de ganancias extraordinarias reedita escenarios previos a conflictos armados mundiales, por esto el conflicto también ‹‹puede tomar la forma de lucha intensa entre los estados, que puede fluctuar desde el uso de prácticas mercantilistas hasta el estallido de conflictos locales y llegar hasta el inicio de esas guerras civiles globales que llamamos guerras mundiales››.[129] De acuerdo a Wallerstein las posibilidades de guerra nuclear son mucho más grandes en nuestra época y lo serán aún más en los próximos cincuenta años ante la *creciente agudización de las contradicciones del capitalismo* que ya hemos descrito en los anteriores apartados de este mismo capítulo, ‹‹el mundo de los próximos cincuenta años promete ser mucho más violento que el mundo de la guerra fría del que venimos […] Los resultados ya son claros. Es extremadamente difícil contener la escalada de violencia localizada››.[130]

El caso de debacle civilizatoria causada por una escalada sin parangón de la violencia tanto local como global es hasta cierto grado un asunto atenuable por medios políticos, en cambio la caída civilizatoria provocada por la dinámica de la producción misma que pone en riesgo la estabilidad de la biosfera al sobreexplotar la naturaleza es un tanto más difícil de contener si tomamos en cuenta la necesidad capitalista de expansión constante que incluye la búsqueda de la externalización de los costos de producción mediante el uso gratuito de la naturaleza como fuente de recursos y depositaria de desechos. *Una crisis ecológica que ponga en jaque a la reproducción no sólo del capital sino de la vida humana misma es entonces un escenario a contemplar*.

Wallerstein es de los partidarios de la idea de que vivimos una *crisis civilizatoria* a nivel global, del sistema-mundo como un todo, a lo que alude este concepto que va ganando adeptos es precisamente a lo que aquí hemos tratado como *límites al desarrollo del capitalismo*, es decir, la sociedad humana ha llegado a un punto de su evolución en el cual todo el engranaje del sistema parece atentar cada vez más descarada y cínicamente contra la integridad de la vida humana y natural. Las ideas de progreso y civilización comienzan a hacer agua por todos lados y las contradicciones del sistema son más violentas que nunca en

[129] Wallerstein, Immanuel, "La crisis como transición", Op. Cit., pp. 22-23.
[130] Wallerstein, Immanuel, *Conocer el mundo, saber el mundo: el fin de lo aprendido*, Op. Cit., p. 21.

sus mecanismos "habituales" de "equilibrio", el regreso a la normalidad luego de cada crisis es más difícil y los estragos más grandes en volumen y porcentaje. Si trasladamos esta idea de la crisis de civilización al escenario planteado por Immanuel Wallerstein entonces tenemos que dicha crisis es provocada por la "senilidad" del sistema capitalista que ya no es capaz de autorreproducirse satisfactoriamente y al cual ya tampoco es posible regular, por lo que ahora, en el siglo XXI, nos encontraríamos ante la disyuntiva histórica de un cambio de sistema civilizatorio, que se podría decantar tanto por lo utópico como por lo distópico.[131] El futuro es nebuloso y siempre lo ha sido muy a pesar de quienes arguyen el don de la profecía y la posesión de la verdad revelada, precisamente porque esto no puede ser de otra manera es que el discurso revolucionario del nuevo siglo debe estar preparado para lo peor y para lo mejor, debe ser consciente de sus posibilidades, tanto de sus fortalezas y debilidades como de las de sus enemigos.

> Los riesgos de deriva son evidentes. Los defensores del status quo no han tirado la toalla, aunque su situación se halle realmente debilitada estructural e ideológicamente. Todavía disponen de un poder inmenso y lo están utilizando para reconstruir un nuevo orden mundial no igualitario. Podrían tener éxito. O el mundo podría desintegrarse a causa de una catástrofe nuclear o ecológica. O podría ser reconstruido como los pueblos esperaron en 1848, en 1968.[132]

[131] "Este debate en torno a una *crisis civilizatoria* tiene grandes implicaciones para el tipo de acción política que uno respalda y el tipo de papel que los partidos de izquierda en busca del poder del Estado jugarían en la transformación del mundo que está en discusión. Esto no se resolverá con facilidad. Pero es un debate crucial de la década siguiente. Si la izquierda no puede resolver sus diferencias sobre este asunto crucial, entonces el colapso de la economía-mundo capitalista podría conducir al triunfo de la derecha mundial y a la construcción de un sistema-mundo peor del que existe ahora". En: Wallerstein, Immanuel, "El Foro Social Mundial, Egipto y la transformación", México, *La Jornada*, 26 de febrero de 2011.

[132] Wallerstein, Immanuel et al., *Movimientos antisistémicos*, Op. Cit., p. 98.

1.4. Conclusiones.

Partiendo de una aproximación de lo que se entiende por capitalismo desde la perspectiva de Karl Marx es que en un primer apartado pudimos discernir que el modo de producción capitalista es una forma de reproducción social entre muchas otras, que es bastante joven en términos de historia humana y que al ser sólo una entre muchas (y de ninguna manera eterna hacia el pasado o hacia el futuro) podemos comenzar a conceptualizar su final. Discutimos qué es lo que hace al capitalismo ser capitalismo en una dimensión *formal* (cuando el modo de producir se mantiene inalterado respecto de versiones precapitalistas pero alterando la relación de producción a una basada en trabajo asalariado) y en una dimensión *específica* (cuando tanto la manera de producir basada en maquinaria que parcializa la labor del obrero y la potencia, como la relación de producción son ya sólo aplicables al modo capitalista de producción).

Entendiendo a grandes rasgos qué es lo que hace al capitalismo ser capitalismo pasamos a analizar cuáles son las leyes de desarrollo que este sistema ha seguido en su evolución secular para convertirse en el ente mundializado que conocemos hoy. Describimos las tres leyes principales de su desarrollo histórico: 1) La ley del valor; 2) La ley general de la acumulación capitalista; 3) La ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia.

-*La primera ley* es la que explica cómo toda producción social tiende a convertirse en mercancía (y en específico en mercancía dinero) y cómo se da la explotación clasista entre obreros y capitalistas (a través de la extracción de plusvalor o trabajo impago).

-*La segunda ley* parte de la primera y analiza la tendencia del capital a expandirse (en escalas tanto extensivas como intensivas) como condición de reproducción basada en la ganancia y la competencia, donde lo que importa es la reproducción dineraria y no la producción planificada que apunte a la reproducción de la vida, es decir, la reproducción del sistema se desconecta de la reproducción del sistema básico social de necesidades.

-*La tercera ley*, basada en las dos primeras pero potenciándolas, explica cómo en la búsqueda de ganancia y mayor extracción de plusvalía los capitales invierten cada vez más en innovación tecnológica y menos en fuerza de trabajo lo que lleva a productos más baratos por unidad, fenómeno que obliga a los capitales a producir en escalas cada vez más grandes para compensar con masa el descenso en la ganancia por mercancía. Es en esta lucha por cada vez más ganancia que la competencia obliga a este ciclo interminable de innovación

tecnológica en la que la inversión en maquinaria y en fuerza de trabajo (que disminuye sólo en términos relativos pero no absolutos) son progresivamente mayores a lo que crece en proporción la ganancia, por tanto aunque la "masa" de ganancia crece la "tasa" de ganancia disminuye. La producción alentada por la competencia continúa con este patrón hasta que se generan las ya conocidas crisis de sobreproducción de capital y el sistema tiene que reiniciarse.

Sobre la base de lo planteado por Marx y Engels es que pasamos a analizar el concepto de *límite* presente en la obra de Immanuel Wallerstein. Extrayendo con cuidado la teoría presente en sus textos es que llegué a conceptualizar siete *límites al desarrollo del capitalismo*: 1) económico, 2) demográfico, 3) geográfico, 4) ecológico, 5) político, 6) social, 7) y civilizatorio. La idea general es que cada uno de estos límites en conjunción con los demás han puesto en jaque la reproducción del sistema capitalista en la larga duración.

-*Lo económico* asfixia al capital desde el incremento secular de tres costos de producción que reducen la ganancia: insumos, salarios e impuestos.

-*Lo demográfico* juega un rol desde el concepto de "proletarización de la humanidad", que lleva a que el capital deba asegurar la reproducción de la clase obrera en conjunto exclusivamente a través del pago de salarios, la figura del "semiproletario" que puede tener un salario reducido porque compensa su reproducción con métodos de producción precapitalistas (de autoconsumo) está desapareciendo, lo que ha obligado a un aumento progresivo de los salarios reales en la larga duración en detrimento de la ganancia capitalista.

-*Lo geográfico* se desprende de lo anterior, el mundo del siglo XXI se aproxima a una totalización del capitalismo en el espacio (intensiva y extensivamente), lo cual hace que la vieja táctica del capital de buscar ganancias extraordinarias expandiéndose a zonas vírgenes tope con un límite provocando que la lucha por el espacio entre potencias económicas se vuelva más salvaje de lo habitual.

-*Lo ecológico* juega un rol obvio, en primer lugar la crisis medioambiental lleva a que la reproducción capitalista se ponga en entredicho al comprometer la reproducción de la base material de la que depende. Históricamente el capital había hecho uso del ambiente sin pensar en su reproducción por lo que no es hasta finales del siglo XX que comienza a verse un incremento en costos para el capital desde el frente de la reposición-sustitución-reparación del ambiente. Asimismo, la creciente escasez de recursos básicos para la producción

(minerales, energéticos, etcétera) es fehaciente, indudable, por lo que el mundo capitalista del siglo XXI se verá cada vez más frente a frente con el dilema de cómo asegurar su reproducción.

-*Lo político* aparece de la mano del sistema de estados, el cual no ha dejado de engordar durante al menos quinientos años, pero en especial durante el siglo XX donde las demandas de empresarios y en general de la población civil comienzan a crecer a ritmos acelerados conforme desaparecen las poblaciones que caen fuera de la influencia de lo capitalista. Este creciente número de responsabilidades absorbidas por el Estado juega también un papel importante en asfixiar la ganancia capitalista que siempre ha dependido del apoyo de estados fuertes como principales inversionistas.

-*Lo social* más que un límite ya visible en el horizonte (como lo es con los demás) es una promesa incumplida de la tradición marxista que cree en la emancipación a través de la acción revolucionaria. Luego del desencanto histórico con la idea del progreso liberal, del fracaso de las revoluciones socialistas y de los procesos de reforma socialdemócrata, surgen movimientos antisistémicos que intentan cumplir con aquella promesa de emancipación a través de distintas vertientes: a través de movimientos que apuntan ya no a tomar el poder del estado si no a cambiar la estructura del sistema absorbiendo poco a poco espacios de reproducción del capital; a través de manifestaciones de corte más distópico que decepcionados con las promesas de la modernidad se cobijan en movimientos fundamentalistas o enclaves de criminalidad; o a través de la reconfiguración de "proyectos civilizatorios" que pretenden rescatar el sentido de comunidad de sociedades precapitalistas y la promesa de abundancia presente en el proyecto capitalista.

-Por último, *lo civilizatorio* tiene que ver con maneras en las que el capitalismo puede llegar a su fin a través de dinámicas ajenas a la reproducción del capital en cuanto tal pero derivadas de ella: guerras mundiales, guerra nuclear, crisis ecológica mundializada con todas sus implicaciones, etcétera.

Wallerstein no cree en teleologías, ni en determinismos de progreso, para él las posibilidades son varias y no todas son luminosas, tal vez el único atrevimiento intelectual que podríamos catalogar como "determinista" sea la afirmación de que el capitalismo va a terminar más pronto que tarde, pero hasta ahí, nunca nos dice lo que vendrá sólo lo que es

posible, por lo que *su planteamiento también considera la posibilidad de un orden distinto al capitalista pero más salvaje, más lejano aún del sueño socialista*.

> Tras la bifurcación, digamos en 2050 ó 2075, sólo podemos estar seguros de unas cuantas cosas. Ya no viviremos en una economía-mundo capitalista, sino en un nuevo orden o en varios, en un nuevo sistema histórico o en varios. Y probablemente volveremos a conocer cierta paz, estabilidad y legitimación. ¿Pero será una paz, estabilidad y legitimación mejor que la que hemos conocido hasta ahora o peor? Eso no podemos saberlo, pero depende de nosotros.[133]

Es difícil para la imaginación política conceptualizar algo más atroz que lo atroz, pero ya hemos visto que los sistemas no son eternos y no todas las alternativas significan progreso, por lo que *la teoría crítica no se puede permitir dejar de pensar la Distopía, es una labor indispensable y obligada pensar la Utopía pero tal vez sea aún más acuciante narrar lo distópico* para conocer los rostros que existen detrás de la máscara de nuestros verdugos y predecir en sus gestos deformes los caminos que ha de recorrer la barbarie.

> En realidad nuestro sujeto son los pronósticos que razonablemente podemos hacer, ya que es sólo analizando las tendencias seculares de nuestras estructuras actuales que podemos hacer extrapolaciones sobre cuya base podemos actuar, con el fin de darle forma a nuestro mundo (dentro de los límites de nuestras fuerzas individuales y conjuntas).[134]

[133] Wallerstein, Immanuel, *Capitalismo histórico y movimientos antisistémicos*, Op. Cit., p. 428.
[134] Wallerstein, Immanuel, *La crisis como transición*, Op. Cit., p. 14.

CAPÍTULO II
BREVE PANORÁMICA DEL ANTROPOCENO (CIRCA A. D. MMXX)

2.1 INTRODUCCIÓN.

Hacia finales de 2017 se publicó un pequeño artículo en la revista *BioScience* cuya autoría se adjudica a 8 individuos, lo interesante es que más de 15 mil científicos de 184 países firmaron el documento suscribiendo y apoyando lo estipulado en el texto, la razón de esta abrumadora respuesta por parte de la comunidad científica internacional se encuentra en el título mismo del artículo: "Advertencia de la Comunidad Científica Mundial a la Humanidad: Segundo Aviso". El primer aviso lo dio en 1992 la *Union of Concerned Scientists*[135] advirtiendo de los posibles daños al planeta de seguir por la senda de la destrucción medioambiental, de entonces para acá no parece que se haya hecho demasiado por escucharlos:

> Desde 1992, con la excepción de que se ha estabilizado la capa de ozono, la humanidad ha fracasado en hacer suficientes progresos para resolver esos retos ambientales previstos y, de manera muy alarmante, en la mayoría de ellos, estamos mucho peor que entonces […] Especialmente preocupante es la trayectoria actual del catastrófico cambio climático de origen humano debido a las crecientes emisiones de GEI procedentes de la quema de combustibles fósiles […], la deforestación […] y la producción agrícola - principalmente por la ganadería de rumiantes y el consumo de carne […] Además, hemos desatado un evento de extinción masiva de especies, la sexta en unos 540 millones de años, mediante la cual muchas de las actuales formas de vida podrían ser aniquiladas o al menos comprometidas a la extinción hacia el final de este siglo.[136]

Recordando las advertencias que el Club de Roma diera en su momento, parecería que el escenario del *'business as usual'* que tanto temían los autores de los "Límites del Crecimiento" en 1972 no ha hecho más que seguir su curso. Y lo que es peor, pareciera que el reporte del Club de Roma se hubiera quedado bastante corto en las variables que debió

---

[135] Cfr. Union of Concerned Scientists, *World Scientists' Warning to Humanity*, 1992, Cambridge. En: https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2017/11/World%20Scientists%27%20Warning%20to%20Humanity%201992.pdf [consultado el 15 de abril de 2018]

[136] Ripple, William J. et al., "World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice", en: *BioScience*, Volume 67, Issue 12, 1 December 2017, p. 1026.

tomar en cuenta a la hora de hacer predicciones sobre una posible catástrofe planetaria, elementos que determinan buena parte del cambio climático quedaron ampliamente fuera del modelo.

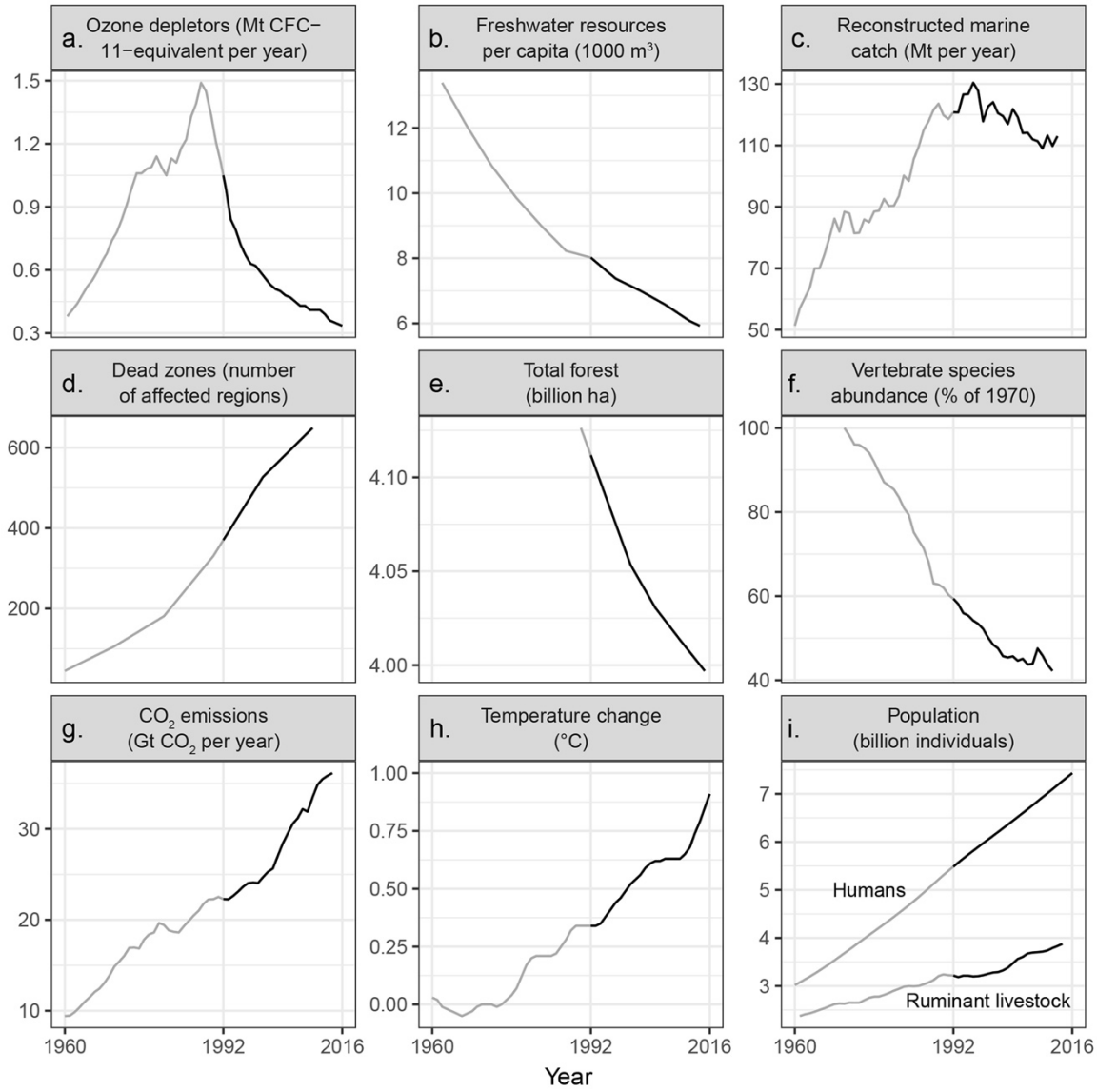

Fig. 1. Tendencias de problemas ambientales de 1960-2016.[137]

[137] William J. Ripple, Christopher Wolf, Thomas M. Newsome, Mauro Galetti, Mohammed Alamgir, Eileen Crist, Mahmoud I. Mahmoud, William F. Laurance, 15,364 scientist signatories from 184 countries; World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice, *BioScience*, Volume 67, Issue 12, 1 December 2017, Pages 1026–1028, https://doi.org/10.1093/biosci/bix125

Y no es el único estudio de este estilo, recordemos el ya citado artículo de Rockström y compañía publicado en 2009 en el cual los autores establecen nueve "límites planetarios" dentro de los cuales la humanidad puede "operar de manera segura", transgredir cualquiera de estos nueve límites, nos explican, podría ser catastrófico a escalas continentales o planetarias debido al riesgo de detonar cambios ambientales abruptos dadas las imprevisibles dinámicas "no lineales" entre los distintos "sistemas" y "subsistemas" naturales de nuestro planeta. Los nueve límites identificados a partir del conocimiento científico actual son: 1) cambio climático medido a partir de la concentración de CO_2 en la atmósfera; 2) acidificación del océano; 3) reducción del ozono (O_3) estratosférico; 4) alteración de los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno (N) y el fósforo (P); 5) uso global de agua dulce; 6) cambio del uso de suelo; 7) la tasa a la que la diversidad biológica se pierde; 8) contaminación por químicos; y 9) carga de aerosol en la atmósfera. Para los primeros siete límites se lograron establecer criterios que delimitan bastante bien la frontera que no se debe cruzar (por ejemplo, la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera que no debería haber cruzado el límite de las 350 partes por millón), pero para los últimos dos límites no se llegó a un consenso científico dada la naturaleza problemática y variada del tipo de contaminantes que se debe medir, de los cuales aún se desconocen los efectos en su totalidad.

Ya veremos más de esto en el transcurso del capítulo, por lo pronto el asunto es que de esos nueve límites tres ya han sido traspasados (cambio climático, tasa de pérdida de biodiversidad y cambios al ciclo global del nitrógeno) causando cambios irreversibles a la salud ambiental del planeta con consecuencias ya visibles y algunas aún por venir. Quienes firman el estudio aseguran que sólo están proponiendo una primera manera de estimar estos límites planetarios, estableciendo las bases para «cambiar nuestro enfoque hacia la gobernanza y la administración, lejos de los análisis esencialmente sectoriales de los límites al crecimiento enfocados en minimizar las externalidades negativas».[138] Como puede

[138] Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. 2009. "Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity". En: *Ecology and Society* **14**(2): 32., p. 1. [online] URL: http://www. ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/

apreciarse con la cita anterior y sobre todo al leer el artículo completo, el estudio está un poco anclado en la tónica de quienes abogan por el decrecimiento y el cambio de patrones de producción y acumulación, porque como la gran mayoría de los científicos de las ciencias naturales asegura, estos cambios no son producto de una evolución natural de los sistemas planetarios sino que han sido producto de la actividad industrial humana de al menos los últimos dos siglos, por ello es que los autores de este estudio suscriben el planteamiento de que «la Tierra ha entrado a una nueva época, el Antropoceno, donde los humanos constituyen el principal motivo de cambio al Sistema Terrestre».[139]

La idea del *Antropoceno* como *época geológica*[140] es algo bastante reciente, fue propuesta apenas en el año 2000 por Paul J. Crutzen (co-ganador del premio Nobel de química en 1995 por sus investigaciones sobre química atmosférica que explicaron las causas del agujero en la capa de ozono) y Eugene F. Stoermer (otro tipo interesante pero sin premio Nobel),[141] y se refiere a que la actividad humana ha cambiado tanto la composición geológica del planeta que desde hace unos doscientos años más o menos nos encontraríamos en un ambiente ya bastante distinto del Holoceno, época anterior que habría durado unos diez mil años luego de la última glaciación y que vio el surgimiento de las primeras grandes civilizaciones humanas. El problema es, como veremos en este capítulo, no sólo que el clima y los sistemas terrestres cambian, sino que estamos presenciando cambios que en épocas anteriores tardaron cientos de miles o millones de años en desarrollarse.

---

[139] Ibid., p. 2.

[140] Una *Época geológica* es una subdivisión del tiempo geológico que es más pequeña que la Era y el Periodo, así en la actualidad estaríamos viviendo dentro de la Época del Antropoceno (de unos dos siglos apenas), la cual está dentro del Periodo Cuaternario que se divide oficialmente en dos épocas (que abarca unos 2.6 millones de años), el cual a su vez está dentro de la Era Cenozoica que se divide en tres periodos (también conocida como la *Era de los mamíferos* que abarca de hace unos 66 millones de años hasta el presente). Todos estos tiempos geológicos se definen a partir de características específicas como cambios en la composición de suelos, formación de rocas y otras cosas que no entiendo, pero la época geológica suele definirse a partir de cambios no tan radicales como los del *periodo* o la *era*, aunque sí da cuenta de importantes cambios en la composición de las biotas de cada periodo y otros asuntillos que ya veremos más adelante.

[141] «[…] nos parece más que apropiado enfatizar el rol central de la humanidad en la geología y la ecología al proponer el uso del término "antropoceno" para la actual época geológica» [traducción propia]. Véase: Crutzen, Paul J. y Stoermer, Eugene F., "The Anthropocene", en: IGBP Newsletter, No. 41, May 2000, p. 17. En línea en: http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf [consultado el 16 de mayo de 2018]

> Los ecosistemas terrestres han experimentado amplios cambios en clima a lo largo del último siglo. Es altamente probable que esos cambios se intensificarán en las décadas por venir, desenvolviéndose a un ritmo que es al menos un orden de magnitud -y potencialmente varios órdenes de magnitud- más rápido que los cambios a los que los ecosistemas terrestres han estado expuestos durante los últimos 65 millones de años.[142]

Por supuesto que el concepto de Antropoceno al ser tan reciente no goza de total aceptación por parte de la comunidad científica, los geólogos en particular aún debaten sobre la pertinencia de incluir esta nueva época geológica como categoría analítica oficial dentro de la *Unión Internacional de Ciencias Geológicas* (IUGS, por sus siglas en inglés) y la *Comisión Internacional de Estratigrafía* (ICS, por sus siglas en inglés) que es una rama de la IUGS, así que atendiendo a cánones estrictos aún estamos viviendo dentro del Holoceno justo en el momento en que escribo estas palabras.[143] Existe, sin embargo, un Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno (*Working Group on the Anthropocene*) formado en 2009 al cual se le asignó la tarea de presentar evidencia ante la ICS que respaldara el argumento a favor de definir al Antropoceno como una nueva época geológica. El grupo presentó en 2016 parte del reporte, de 35 miembros del Grupo de Trabajo 30 votaron a favor de proponer el establecimiento de la nueva época, tres votaron en contra y hubo dos abstenciones, aunque por supuesto esto no significa que la IUGS haya aceptado la clasificación y aún quedan mediciones por realizarse.[144]

La evidencia a favor de definir al periodo que vivimos como Antropoceno es bastante, sólo por referir los datos presentes en el reporte antes mencionado que lleva por título '*El Antropoceno es funcional y estratigráficamente distinto del Holoceno*', se argumenta que

---

[142] Diffenbaugh, Noah S. y Field, Christopher B., "Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions", en: *Science*, vol. 341 (2013), p. 490. [Traducción propia]

[143] Aunque algunos forajidos científicos, como Philip Gibbard de la Universidad de Cambridge, aseguran que ni siquiera estamos en el Holoceno, es decir, nunca salimos del Pleistoceno que dio inicio cuando comenzaron las glaciaciones hace unos 2.6 millones de años; el Holoceno sería entonces sólo una "edad" cálida dentro del Pleistoceno, un mero periodo "interglacial". Hablar de Antropoceno sería aún más ridículo según esta visión. Véase: Owen, James, "New Earth Epoch Has Begun, Scientists Say", *National Geographic News*, 6 de abril de 2010, en: https://news.nationalgeographic.com/news/2010/04/100406-new-earth-epoch-geologic-age-anthropocene/ [consultado el 16 de mayo de 2018]

[144] Véase: Carrington, Damian, "The Anthropocene epoch: scientists declare dawn of human-influenced age", *The Guardian*, 29 de agosto de 2016, en: https://www.theguardian.com/environment/2016/aug/29/declare-anthropocene-epoch-experts-urge-geological-congress-human-impact-earth [consultado el 16 de mayo de 2018]

«cualquier reconocimiento de una época Antropocénica en la escala de tiempo geológica gira en torno a si los humanos han cambiado el sistema Terrestre lo suficiente como para producir una firma estratigráfica en sedimentos y hielo que sea distinta de la de la época del Holoceno».[145] El análisis de muestras de sedimentos recabadas en todo el mundo dio cuenta de un muy bien demarcado cambio en la composición química de suelos, glaciares, atmósfera, océanos, lagos y ríos. En las muestras tomadas se encontraron: combinaciones muy altas de plásticos; cenizas producto de la combustión de carbón; radionúclidos artificiales producto del uso de armas termonucleares; partículas de varios metales de uso industrial como aluminio elemental y otros "tecnofósiles"; concreto; pesticidas; nitrógeno reactivo; cambios bastante radicales en fósforo y nitrógeno en suelos producto del abuso de fertilizantes; y muchas sustancias más que dan cuenta de las consecuencias del cambio climático. Además, nos dice el reporte, también debe tomarse en consideración el radical cambio en la *composición biológica* del planeta derivada de la extinción masiva de especies, de la invasión de especies no nativas y de cambios asociados a la agricultura y a la pesquería.

> Las firmas estratigráficas descritas […] son o completamente distintas de aquéllas encontradas en el Holoceno y épocas preexistentes o cuantitativamente fuera del rango de variaciones de las subdivisiones propuestas del Holoceno. Además, los forzamientos más cercanos de estas firmas se están acelerando actualmente. Estos atributos distintivos del reciente registro geológico apoyan la formalización del Antropoceno como una entidad estratigráfica equivalente a otras épocas geológicas formalmente definidas.[146]

Todo lo anteriormente descrito más algunos otros eventos como el deshielo de los polos y el incremento en el nivel del mar llevan a estos investigadores a ubicar el inicio del Antropoceno alrededor de mediados del siglo XX, no a inicios del siglo XIX como fue la propuesta inicial, reconocen que el impacto se comenzó a gestar con el advenimiento de la era industrial pero el registro estratigráfico los llevó a concluir con la fecha tentativa de 1950. Existen, empero, algunos estudios que plantean la existencia de un *Antropoceno temprano o preindustrial* con inicio hace algunos cuantos milenios, sin embargo las variables que toman en cuenta son muchas menos y no recurren al método estratigráfico. Por ejemplo, en un

[145] Waters, Colin N.; Zalasiewicz, Jan; Summerhayes, Colin; Barnosky, Anthony D.; et al., "The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene", *Science*, Vol. 351, No. 6269, p. 137.
[146] Ibid., p. 145. [Traducción propia]

trabajo publicado en 2013 que defiende la idea del Antropoceno preindustrial el autor se enfoca en general en tres variables: 1) deforestación y el uso de suelo relacionado, 2) emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4), y 3) efectos en la temperatura global. Las conclusiones de este estudio son que las emisiones de CO_2 y CH_4 provocadas por humanos en la era preindustrial son un importante factor en el calentamiento global que vivimos actualmente, aunque reconociendo que los cambios antropogénicos que parten de la Revolución Industrial juegan un papel preponderante:

> Si estas reconstrucciones históricamente basadas y arqueológicamente sustentadas son válidas, los cambios de temperatura preindustriales causados por humanos podrían ser más del doble del calentamiento antropogénico causado por la era industrial […] Dado el tamaño de estos cambios tempranos, definir 1850 como el inicio del Antropoceno no tiene sentido, a pesar de la marcada aceleración de muchos efectos antropogénicos luego de ese tiempo […] Una posible solución sería definir un Antropoceno de dos fases.[147]

De cualquier manera, se pongan o no de acuerdo los geólogos el hecho es que «la literatura reciente muestra que tanto los ecologistas como los biólogos conservacionistas reconocen crecientemente que estamos en el Antropoceno».[148] De igual manera, en las ciencias sociales el debate sobre el Antropoceno parece no haber necesitado de esperar la validación de los geólogos y es común escuchar discusiones donde se recurre al mencionado terminajo más desde posiciones de moralidad que desde un conocimiento de los tiempos geológicos que chocan un poco con los tiempos de la historia humana:

> Desde el principio de su carrera, entonces, el Antropoceno ha tenido dos vidas, algunas veces en los mismos textos: una vida científica que involucra mediciones y debates entre científicos calificados, y una vida más popular como un asunto político-moral. Mientras el Antropoceno fue visto principalmente como una medida de impacto humano, aunque reconocido como el impacto que provocó un nuevo periodo en la historia del planeta, el enfoque permaneció en la fuerza y su portador (la humanidad, las clases capitalistas, las naciones ricas, el capitalismo), y cuestiones del tiempo geológico simplemente cayeron en las sombras.

[147] Ruddiman, William F., "The Anthropocene", en: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, Vol. 41, 2013, p. 65. [Traducción propia]
[148] Corlett, Richard T., "The Anthropocene concept in ecology and conservation", en: *Trends in Ecology & Evolution*, January 2015, Vol. 30, No. 1, p. 37.

> Cuestiones morales sobre culpabilidad y responsabilidad han necesariamente dominado este debate.[149]

Esta discusión sobre la adecuada definición y utilización del término ha puesto a varios científicos sociales a intentar forzar concepciones socio-económicas en el estudio de los geólogos, hay incluso artículos que sugieren que usar el prefijo "antropo" es erróneo ya que supuestamente «la noción de un *Anthropos*, o 'humanidad', como una 'fuerza geológica' unificada, global, amenaza con enmascarar la diversidad y diferencias en las condiciones actuales e impactos de la humanidad, y no hace justicia a la diversidad de contextos regionales y locales».[150] Es decir, la culpa no es de la humanidad como conjunto, sino de ciertos grupos privilegiados dentro de ciertos Estados Nación o Imperios en cierto periodo histórico que no abarca toda la historia humana, por lo que el concepto que aquí discutimos no estaría contando la historia completa. Así, en el curso de esta investigación me he topado con excentricidades que sólo podrían salir de la retorcida mente de un científico social que intenta convertir todo en conceptos y en historia humana, por ejemplo pretensiones conceptuales de renombrar al Antropoceno como *Capitaloceno*, o *econoceno*, y demás 'cenos':

> […] el Capitaloceno interpreta al capitalismo como una manera de organizar a la naturaleza -como una ecología mundial capitalista, multiespecies, situada […] Ha habido muchos otros juegos de palabras -Antrobsceno (Parikka 2014), econoceno (Norgaard 2013), tecnoceno (Hornborg 2015), misantropoceno (Patel 2013), y tal vez de manera más encantadora, *man*tropoceno (Raworth 2014). Todos son útiles. Pero ninguno captura el patrón histórico básico moderno de la historia mundial como la "Era del Capital"- y la era del capitalismo como una ecología mundial de poder, capital y naturaleza.[151]

Puede apreciarse que en general a las ciencias sociales les importa bastante poco las periodizaciones de las ciencias geológicas, los geólogos, como vimos, han ubicado el inicio del Antropoceno a mediados del siglo XX, pero en las discusiones bizantinas descritas arriba

---

[149] Chakrabarty, Dipesh, "Anthropocene Time", *History and Theory* 57, No. 1, March 2018, p. 9. [Traducción propia]

[150] Biermann, Frank, et al., "Down to Earth: Contextualizing the Anthropocene", *Global Environmental Change* 39, 2016, p. 341. [Traducción propia]

[151] Moore, Jason W., "Introduction", en: Moore, Jason W. (ed.), *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism*, PM Press, Michigan, 2016, pp. xix-xx. [Traducción propia]

los sociólogos, economistas y anexos se dan la libertad de ubicarlo en el siglo XVI (por el nada geológico hecho de que es cuando Fernand Braudel describe los albores del capitalismo), en el XVII, en el XVIII o cuando sea que convenga a la posición sociológica que se defienda. Es tentador ponerse a jugar con todos estos "cenos", pero ya se raya en lo ridículo cuando se quiere cambiar tanto la definición de un concepto que de origen no pretendía sino describir un hecho geológico a partir de la presencia *humana* en registros fósiles. Lo que es más, si se revisa la literatura de los científicos del Antropoceno, siempre queda claro (a pesar de ser científicos de las ciencias duras) que entienden bien que el problema es atribuible a cierto tipo de actividad económica, a ciertos países en específico y a ciertas industrias, por lo que la furia de los teóricos sociales al argüir que el concepto no es preciso es un tanto injustificada:

> En los círculos de izquierda, el nombre alternativo más frecuentemente propuesto para la nueva época es *Capitaloceno* […] Pero algunos académicos exageran, proponiendo que aceptemos *capitalismo* y *capitaloceno* como diferentes nombres para la misma cosa: una nueva época social/económica/ambiental que emergió en los 1500s […] Los filósofos podrían llamar a esta categoría un error -el capitalismo es un sistema económico y social de 600 años de antigüedad, mientras que el Antropoceno es una época del Sistema Terrestre de 60 años de antigüedad. Cualquier esfuerzo serio con la ciencia social y natural concluirá que el capitalismo existió por cientos de años antes de que la nueva época geológica comenzara, y que la nueva época continuará después de que el capitalismo sea un recuerdo distante. Tratarlos como lo mismo sólo puede debilitar esfuerzos para deshacerse del capitalismo y mitigar el daño causado al Sistema Terrestre para que la sociedad humana pueda sobrevivir -y esperemos que prosperar- en el Antropoceno.[152]

Sea como sea, siendo yo un supuesto economista marxiano necesariamente tiendo a caer un poco en esas cosas de política y moral que tan mal se ven en el currículum, así que asumo que será inevitable que este texto caiga en las dos concepciones del Antropoceno descritas por el emérito Dipesh Chakrabarty (la geológica y la social), sin embargo, el interés de este capítulo (y de la tesis en general) es dar la mayor cantidad de datos duros posibles provenientes de las investigaciones más recientes de las ciencias más duras, aunque eso sí, inevitablemente otorgando culpas y responsabilidades cual Papa en cuaresma. Así pues, este

[152] Angus, Ian, *Facing the Anthropocene: Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System*, Monthly Review Press, New York, 2016, pp. 176-177. [Traducción propia]

será uno de esos textos en donde las dos vidas del concepto "Antropoceno" tendrán que convivir, aunque reconociendo que utilizo el término más por comodidad intelectual de científico social que por otra cosa. A la luz de esta postura tal vez sea relevante utilizar el concepto de *Capitaloceno* porque lo que intento hacer en esta tesis de doctorado se adentra en la tónica de explicar la debacle desde el funcionamiento del capitalismo, pero la verdad es que tiene más caché y difusión la palabra Antropoceno y prefiero seguir utilizándola.

Para concluir con la introducción, la manera en que he estructurado este capítulo responde a un análisis comprensivo del "Sistema Terrestre" que agrupa las principales esferas que lo componen y que dan cuenta del impacto general del Antropoceno: la atmósfera, la hidrósfera, la criósfera, la litósfera y la biósfera.[153] Sumado al análisis de estas varias esferas y los subsistemas que las componen añado el análisis del elemento poblacional humano como un apartado por su cuenta dada la obvia correlación entre el crecimiento poblacional y el creciente impacto ambiental antropogénico. Este capítulo, entonces, es una recopilación de datos duros sobre el Antropoceno tomando muy poco en cuenta sus causas o efectos económico-sociales, esa parte del análisis ha quedado reservada para el último capítulo.

[153] «[…] los sistemas climáticos resultan de la interacción de ese mismo Sol […] con cinco componentes, que son: la atmósfera (capa gaseosa), la hidrósfera (aguas de todo tipo, desde marinas hasta los subterráneos acuíferos, pasando por los ríos), la criósfera (hielos), la litósfera (básicamente minerales) y finalmente la biósfera (seres vivos)». De Ambrosio, Martín, *Todo lo que necesitas saber sobre el cambio climático*, Paidós, México, 2015, p. 21.

2.2 ATMÓSFERA.

Gases de Efecto Invernadero

El quinto reporte del IPCC abre la parte dedicada a los datos sobre *cambios observados en el sistema climático* con la bastante lapidaria aseveración de que el «calentamiento del sistema climático es inequívoco, y desde los 1950, muchos de los cambios observados no tienen precedentes en décadas o milenios»[154], y aunque este calentamiento y muchos de sus efectos impactan en distintas partes del sistema (p. ej. en la hidrósfera en calentamiento oceánico y en la criósfera en derretimiento de glaciares) en general este incremento de temperatura tiene origen en fenómenos atmosféricos, en la concentración de ciertos gases en la atmósfera, y más en específico en el tan conocido y mediatizado *efecto invernadero*.[155] El problema es, entonces, que el planeta se calienta y saca de balance muchos de los delicados procesos naturales de los que depende la vida tal como la ha conocido la humanidad desde hace unos once o doce mil años, y en el centro de este problema se encuentra la actividad industrial humana que libera aquellos temidos gases de manera exponencial.

En el imaginario colectivo mundial la frase "calentamiento global" es con seguridad la que mayor impacto mediático tiene y es la que más se repite en todos los textos de los organismos gubernamentales dedicados a combatir el cambio climático. Sin ir más lejos, en los recién firmados *Acuerdos de París* el centro de las discusiones que llevaron a su firma iba en la tónica de «mantener el incremento global de temperatura muy por debajo de 2 ºC respecto a niveles pre-industriales y perseguir esfuerzos para limitar el incremento de temperatura a 1.5 ºC sobre niveles pre-industriales».[156] Tal vez decir que 2ºC de aumento de temperatura global es un escenario catastrófico al sentido común le parezca una exageración, pero lo que en apariencia es sólo una pequeña variación tiene importantes consecuencias en el sistema climático y es relevante recordar que esta cifra se refiere a un *promedio* mundial,

[154] IPCC, Op, cit., p. 40.
[155] El efecto invernadero es básicamente, "que la luz del Sol llega a la superficie de la Tierra, ésta la retiene y luego la irradia a la atmósfera como calor. Una parte es absorbida por los famosos gases de invernadero, vapor de agua, dióxido de carbono y metano, y radiada nuevamente en distintas direcciones. Otra vez, una parte se pierde en el espacio, pero la que no, la que se queda por acá, genera calor". De Ambrosio, Martín, Op. Cit., p. 28.
[156] UNFCC, Acuerdos de París, Artículo 2, en: UNFCCC, *Adoption of the Paris Agreement,* 12 de diciembre de 2015, p. 22. Disponible en: https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf [consultado el 22 de junio de 2018. Traducción propia]

por lo que una variación *global* de 1ºC en algunas *regiones* puede significar variaciones mucho más violentas con impactos bastante dramáticos. Por ejemplo, «durante la temporada con máxima insolación, la variabilidad de temperatura incrementa un 15% por grado de calentamiento global en la Amazonia y el Sur de África y por hasta 10%ºC^{-1} en el Sahel, India, y el Sur de Asia. […] fuera de los trópicos, la variabilidad de temperatura se proyecta que decrezca en promedio debido a un gradiente de temperatura meridional reducido y pérdida de hielo de mar».[157]

Así, el ancho de los esfuerzos para prevenir el cambio climático apunta a reducir la concentración de los gases de efecto invernadero de origen antropogénico en la atmósfera, y de entre todos estos gases el principal culpable del cambio antropogénico actual es sin duda el dióxido de carbono (CO_2).[158] De acuerdo al estudio de Rockström y compañía, uno de los límites planetarios que ya han sido sobrepasados es el de la concentración de CO_2 en la atmósfera que supuestamente no debió haber superado las 350 ppm (partes por millón).[159] Desde que se tienen registros de CO_2 en la atmósfera su concentración no ha dejado de crecer año con año y justo al momento de escribir estas líneas se ha roto el récord de las 410 ppm, una cantidad que no había existido en el planeta desde muchos antes de que los seres humanos existieran. De seguir estas tendencias se prevé que «el uso de la humanidad de combustibles fósiles, si no disminuye, arriesga llevarnos, hacia la mitad del siglo veintiuno, a niveles de CO_2 que no se han visto desde el Eoceno temprano (hace 50 millones de años). Si el CO_2 se sigue incrementando entrando al siglo veintitrés, entonces el asociado gran incremento en forzamiento radiativo, y la manera en que el sistema terrestre respondería, seguramente no

[157] Bathiany, Sebastian; Dakos, Vasilis; Scheffer, Marten; Lenton, Timothy M., "Climate models predict increasing temperature variability in poor countries", *Science Advances*, Vol. 4, No. 5, 2 de Mayo de 2018, p. 1. [Traducción propia]

[158] El vapor de agua es en realidad (y por mucho) el principal gas de efecto invernadero, pero el creciente CO_2 antropogénico acumulado en el sistema terrestre es sin duda el principal culpable del cambio climático actual. Así, «la evidencia científica sugiere que el calentamiento causado por emisiones antropogénicas de CO_2 y otros gases de efecto invernadero *está* incrementando la cantidad de vapor de agua en el aire al potenciar la tasa de evaporación». The Guardian, "If water vapor is the key greenhouse gas, why are man-made emissions important?", *The Guardian*, 28 de enero de 2011, en: https://www.theguardian.com/environment/2011/jan/28/water-vapour-greenhouse-gas [consultado el 20 de junio de 2018. Traducción propia]

[159] *Partes por millón* (ppm) es una unidad de medida que mide concentración, se refiere a la cantidad de unidades de cierta sustancia que hay dentro de un conjunto de un millón de unidades, por ejemplo miligramos dentro de un litro (mg/L) o centímetros cúbicos dentro de un metro cúbico (cm^3/m^3).

tendría precedente geológico en los últimos 500 millones de años».[160] Un fenómeno que da validez, y bastante, a quienes proponen la oficialización del Antropoceno como época geológica.

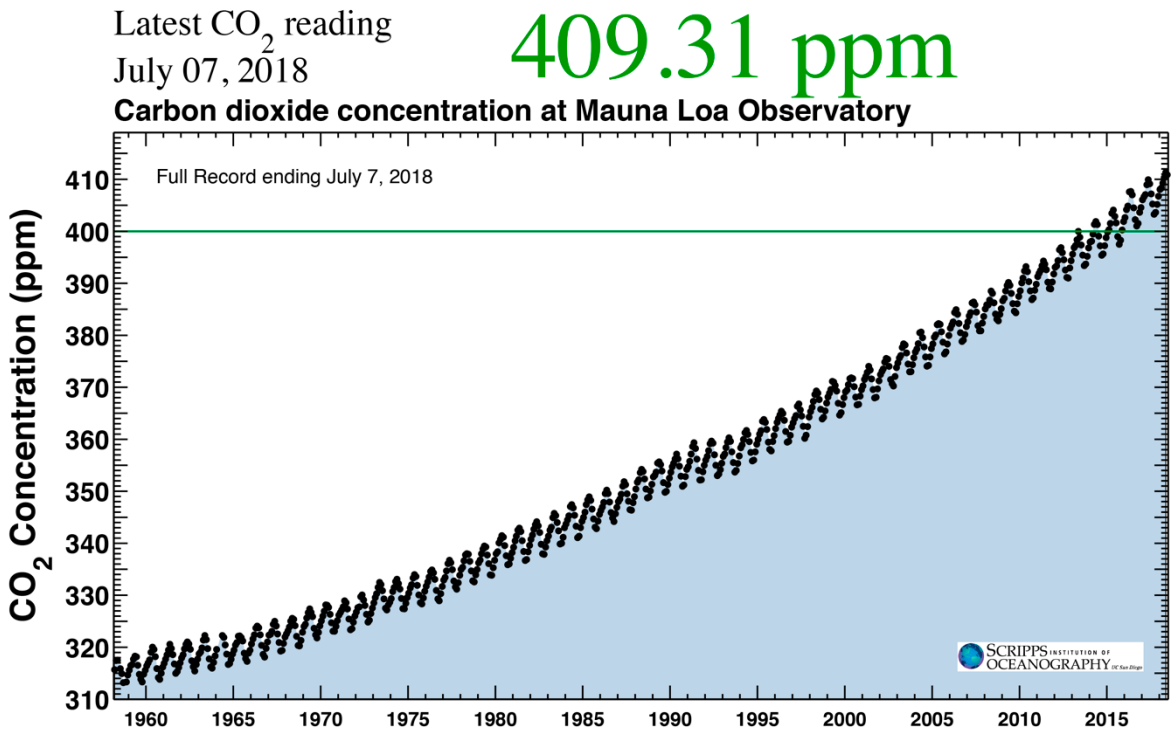

Fig. 2. Curva de Keeling. Concentración de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico medida desde el Observatorio Mauna Loa (1958-2018).[161]

Al lector atento tal vez la frase *forzamiento radiativo* mencionada en el último párrafo le haya llamado la atención, a lo que se refiere básicamente es a cambios en la radiación (temperatura) en un sistema climático debido a factores como radiación solar, gases de efecto invernadero, aerosoles, cambios en albedo de superficie, etcétera. El forzamiento radiativo «es usualmente expresado en watts por metro cuadrado promediado sobre un periodo de tiempo específico y cuantifica el desequilibrio que ocurre cuando el cambio impuesto tiene

[160] Foster, Gavin L.; Royer, Dana L.; Lunt, Daniel J., "Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years", *Nature Communications* 8: 14845, Abril de 2017, p. 1. [Traducción propia]

[161] Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego, disponible en línea en https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/pdf-downloads/ [consultado el 9 de julio de 2018]

lugar».[162] En los reportes del IPCC el cambio se cuantifica teniendo como base 1750, siguiendo esta estructura el trabajo de Rockström establece el límite del incremento en forzamiento radiativo a 1 W m^{-2} por sobre niveles preindustriales, el problema está en que hace un buen rato que superamos este umbral y hacia 2017 el forzamiento radiativo combinado de los principales gases de efecto invernadero ya superaba los 3 W m^{-2} .

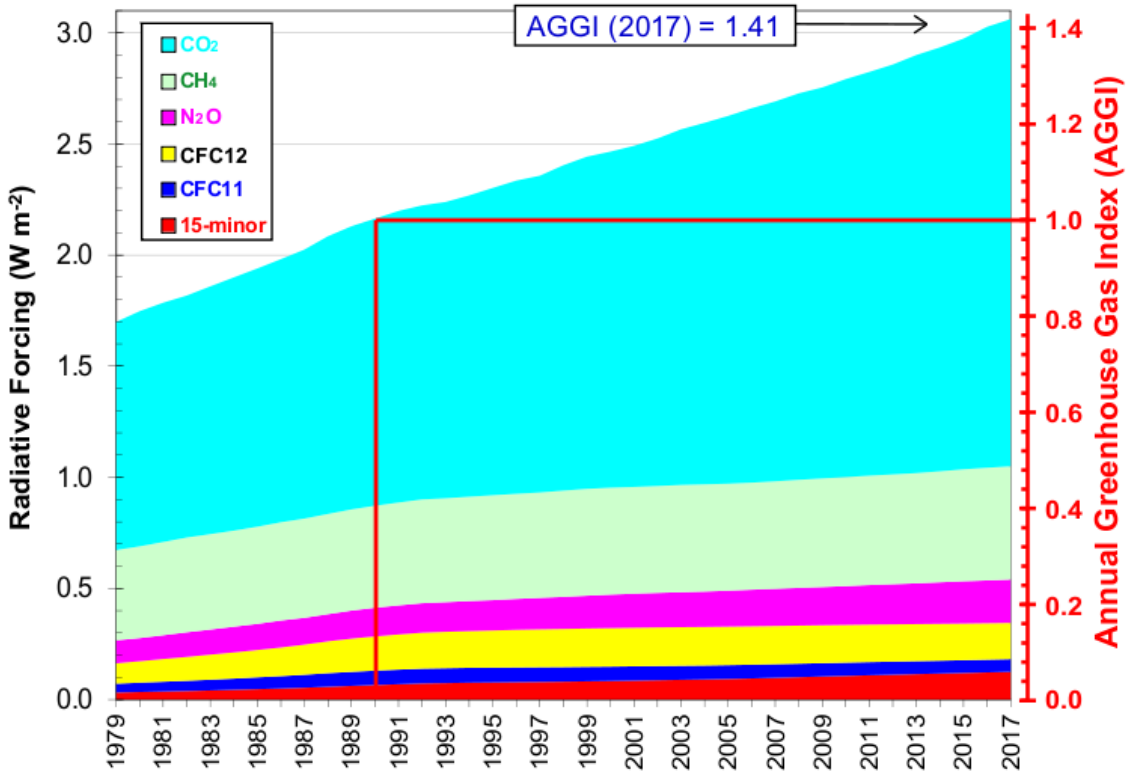

Fig. 3. Forzamiento radiativo, relativo a 1750, de todos los gases de efecto invernadero duraderos. El Índice Anual de Gases de Efecto Invernadero del NOAA (AGGI, por sus siglas en inglés), indizado a 1 para el año 1990 se muestra del lado derecho.[163]

[162] Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing". In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 664. [Traducción propia]

[163] Butler, James H. y Montzka, Stephen A., "The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI)" (actualizado primavera 2018), NOAA Earth System Research Laboratory, 2018. Disponible en línea en: https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html [consultado 9 de julio de 2018]

Como puede apreciarse en la gráfica anterior, que tiene como año inicial 1750, el Índice Anual de Gases de Efecto Invernadero (AGGI) tardó 240 años para llegar a 1.0 (año base 1990), pero sólo 26 años para aumentar ese índice en 41%, lo cual da cuenta de las tendencias de crecimiento exponencial de la generación de gases de efecto invernadero antropogénico que va aparejada con crecimiento también exponencial del forzamiento radiativo, es decir, el sistema terrestre se está calentando y no muestra tendencias a la baja. Por ello, «no necesariamente cada año, por las fluctuaciones posibles, pero sí cada década será más cálida que la precedente […] Todo esto refrenda la idea de que no hay pausas en el calentamiento global, como se había argumentado».[164] El escenario de 2 grados centígrados hacia 2100 sobre el que prentende trabajar la ONU es por todo esto un tanto utópico, el escenario más real según un estudio publicado en 2017 que se centra en un método netamente estadístico con predicciones probabilísticas (es decir, que deja fuera elucubraciones sobre posibles escenarios que cambien las condiciones actuales) demuestra que el «rango más probable de incremento global de temperatura es 2.0-4.9 °C, con una mediana de 3.2 °C y una probabilidad de 5% (1%) de que sea menor de 2 °C (1.5 °C)».[165]

En general parece haber un gran consenso entre la comunidad científica respecto a este punto, al parecer son los escenarios más catastróficos los que estadísticamente son más probables incluso bajo supuestos de mejoras en tecnologías de mitigación y nuevas legislaciones ambientales. Una investigación publicada a fines de 2017 por la revista *Nature* que llega a estas mismas conclusiones asegura que su trabajo «abona a una creciente colección de investigación que indica que los modelos que simulan mejor el clima actual tienden a ser los modelos que proyectan el mayor calentamiento global para lo que queda del siglo veintiuno».[166] E incluso los modelos que intentan incluir en sus cálculos posibles mejoras en tecnologías de mitigación y nuevas legislaciones de combate a emisiones de gases de efecto invernadero parecen un poco pesimistas en sus pronósticos, por ejemplo en las estadísticas anuales sobre energía que publica la petrolera BP (antes British Petroleum) encontramos varios escenarios de este estilo, en el escenario que ellos llaman *Evolving*

[164] De Ambrosio, Martín, Op. Cit., p. 64.
[165] Raftery, Adrian E., Zimmer, Alec; Frierson, Dargan M. W.; Startz Richard; Liu, Peiran; "Less tan 2 °C warming by 2100 unlikely", *Nature Climate Change* 7, Julio 2017, p. 637. [Traducción propia]
[166] Brown, Patrick T. & Caldeira, Ken, "Greater future global warming inferred from Earth's recent energy Budget", *Nature*, Vol. 552, 7 de diciembre de 2017, p. 49-50. [Traducción propia]

Transition (ET) «las emisiones de carbono por uso de energía crecen a través de casi todo el pronóstico, incrementando alrededor del 10% para 2040 […] Esta tasa de crecimiento es mucho más lenta de la que se ha visto en los últimos 25 años, cuando las emisiones de carbono incrementaron en 55%».[167] Bajo el escenario ET el diagnóstico de BP llega a la conclusión de que incluso con mejoras en políticas gubernamentales, tecnología y cambios en preferencias sociales la transición no sería lo suficientemente rápida como para cumplir con lo pactado en los Acuerdos de París. Su escenario de 'transición aún más rápida' (EFT) en el que las emisiones caen casi 50% para 2040 surge de un análisis del sector energético que «está casi por completo descarbonizado para 2040»[168], lo cual suena un poco irreal dadas las tendencias de producción y la creciente demanda energética. Además, BP admite que el PIB mundial se habrá duplicado y que «la demanda de energía continúa creciendo en el escenario EFT, pero a un ritmo menor reflejando las más rápidas ganancias en eficiencia energética»[169]; luego de haber leído en el capítulo anterior la parte dedicada a la *Paradoja de Jevons* ya sabemos lo que "mejoras en eficiencia energética" significa.

Es así que regresamos al mismo problema que discutíamos en el capítulo 2, todas las estrategias "sustentables" parten del supuesto de que el crecimiento es necesario para el bienestar, en ningún momento se cuestiona el paradigma del "desarrollo" entendido como crecimiento constante. Basta con echar una mirada breve a algunas de las industrias clave en este asunto de la creciente cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, la industria de la carne por ejemplo:

> Con emisiones estimadas de 7.1 gigatoneladas de CO_2-eq por año, representando 14.5 porciento de las emisiones de GEI inducidas por humanos, el sector ganadero juega un papel importante en el cambio climático […] El fuerte crecimiento sostenido de esta producción resultará en mayor participación en emisiones y volúmenes en el tiempo […] la expansión de pasturas y tierras de alimentación hacia los bosques da cuenta de un 9 porciento de las emisiones del sector.[170]

---

[167] BP energy economics, *BP Energy Outlook, 2018 edition*, 2018, p. 105. En: https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf [consultado el 15 de abril de 2018] [Traducción propia]

[168] Ibídem.

[169] Ibid, p. 107.

[170] Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G., *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and*

Así, la *Food and Agriculture Organization* de las Naciones Unidas (FAO) reconoce que en todos los escenarios hacia 2050 la producción de carne crece bastante, por lo que la mejor alternativa que ven es invertir en tecnologías de mitigación y mejorar prácticas productivas recurriendo a políticas públicas de financiamiento (es decir, más costos para el capital). El problema, de nuevo, es que como la misma FAO lo reconoce: «Las estrategias de mitigación basadas en eficiencia no siempre resultarán en una reducción de emisiones, especialmente donde la producción crece rápidamente».[171] Y este rápido crecimiento de la producción es algo que parece inevitable dado el propio pronóstico de la FAO de que «en 2050, 2.3 veces más carne de aves de corral y entre 1.4 y 1.8 veces más de otros productos de ganadería será consumido con respecto a 2010 […] La demanda adicional más allá de lo esperado por el crecimiento poblacional resultará de incrementos en ingreso alentando un mayor consumo por persona».[172] Esto es un crecimiento de mucho más del cien por ciento en las proyecciones del consumo de todos los tipos de carne y derivados de la leche, con la mayor parte del crecimiento concentrándose en países en desarrollo donde el crecimiento esperado será en muchos casos superior al 200%,[173] una perspectiva un tanto catastrófica si tomamos en cuenta lo que el sector de la carne ya aporta a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Sólo por ahondar el argumento podemos referirnos a otra industria de gran relevancia en este asunto del cambio climático, la industria automotriz, la cual da cuenta de alrededor de un tercio de las emisiones de gases de efecto invernadero. No ahondaremos en demasía, baste con mencionar que la tendencia es la misma a pesar de que la mayoría de las compañías automotrices han mejorado el rendimiento de sus automóviles y producen con tecnologías que en teoría ya permiten reducir emisiones:

> Por un lado, los fabricantes de automóviles y sus proveedores han desarrollado una amplia gama de tecnologías para reducir el uso de combustible, y muchas de esas tecnologías apenas han empezado a desplegarse. Por otro lado, la historia ha demostrado que en la

mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2013, p. xii. [Traducción propia]

[171] Ibid, p. xiv. [Traducción propia]

[172] FAO, *World Livestock 2011 – Livestock in food security*, Rome, 2011, p. 78 [Traducción propia]

[173] Ver tabla de la página 79 de Ibid.

ausencia de fuertes estándares los fabricantes tienden a usar sus recursos para mejorar sólo el rendimiento, olvidando reducciones en uso de combustible e incrementando emisiones.[174]

Como vemos, el uso de tecnologías limpias implica mayores costos para el capital, por lo que desde que el capitalismo es capitalismo si no hay una gran fuerza que obligue a los capitales a comportarse (i. e. el Estado) lo más seguro es que la destrucción del medio ambiente se siga viendo como una externalidad. Además, aunque los nuevos carros que vayan a comercializarse posean tecnologías de reducción de emisiones la sola perspectiva de un aumento de la producción de automóviles para mercados emergentes anula por completo las mejoras en eficiencia, como vimos con el caso de China en el capítulo anterior.

Ahora bien, cuando hablamos de crecimiento en la producción de alimentos e incremento en parque automotriz podría parecer que buena parte del problema es la creciente cantidad de humanos sobre el planeta, pero no debemos dejarnos llevar por la noción de que la "sobrepoblación" es el problema principal que lleva a esta necesidad creciente de producir en escala ampliada, en muchas de las proyecciones más dramáticas sobre el calentamiento global que nos espera a fines de siglo la población no se considera un factor de relevancia, el calentamiento se da muy a pesar de si crece o no la población.[175] El problema en términos amplios son los patrones de consumo, específicamente de las naciones más desarrolladas y de aquellas que como China están en la carrera por igualar los mismos niveles de consumo del mundo industrializado, basta con mencionar que «la mitad más pobre de la población mundial tan sólo genera alrededor del 10% de las emisiones a nivel mundial y, sin embargo, vive mayoritariamente en los países más vulnerables ante el cambio climático –mientras que el 10% más rico de la población es responsable de alrededor del 50% de las emisiones mundiales».[176]

---

[174] Union of Concerned Scientists, *Automaker Rankings 2018: The Environmental Performance of Car Companies, Junio 2018*, p. 3. [Traducción propia]

[175] Véase por ejemplo: "El crecimiento poblacional no es un factor de contribución relevante. Nuestro modelo no es un escenario de 'negocios como siempre', sino que está basado en datos que ya muestran el efecto de políticas de mitigación de emisiones. Lograr la meta de menos de 1.5 °C de calentamiento requerirá que la intensidad del carbono decline mucho más rápido que en el pasado reciente". Raftery, Adrian E., Zimmer, Alec; Frierson, Dargan M. W.; Startz Richard; Liu, Peiran; "Less tan 2 °C warming by 2100 unlikely", *Nature Climate Change* 7, Julio 2017, p. 1.

[176] Oxfam, "La desigualdad extrema de las emisiones de carbono", *Nota informativa de Oxfam*, 2 de diciembre de 2015, p. 1. Disponible en línea en: https://www.oxfam.org/en/research/extreme-carbon-inequality [consultado el 14 de julio de 2018]

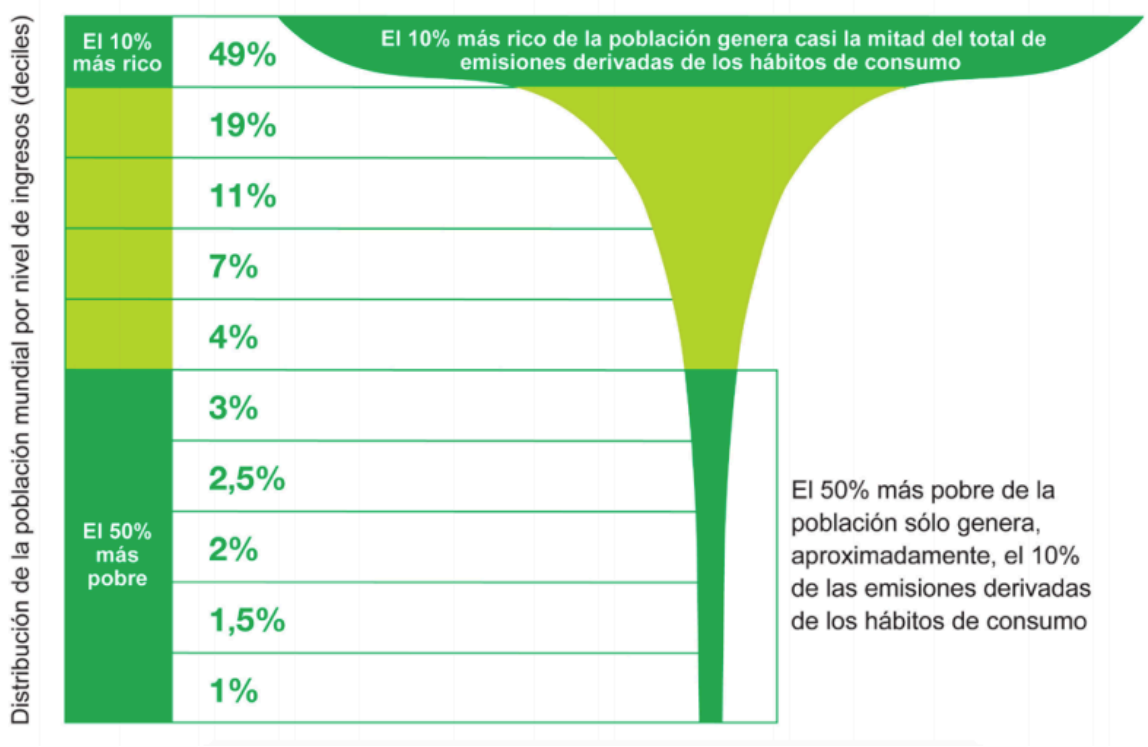

Fig. 4. Distribución de ingresos a nivel mundial (deciles) y emisiones de los hábitos de consumo asociadas a cada decil.[177]

Y si llevamos el análisis a la esfera de los Estados-Nación podemos observar que el patrón es el mismo, son las naciones desarrolladas las que cargan con la culpa de la casi totalidad de las emisiones de gases de efecto invernadero desde que diera inicio la Revolución Industrial:

> Estados Unidos es un líder indiscutible, con una contribución de más del doble que la de China, que cae segundo en el ránking. Rusia, Brasil, India, Alemania y el Reino Unido representan del tercero al séptimo en mayores contribuidores al calentamiento observable […] Sólo estos siete países principales representan el 63% del calentamiento hasta 2005; el top 20 de países […] da cuenta del 82% del calentamiento observable.[178]

[177] Oxfam, "La desigualdad extrema de las emisiones de carbono", *Nota informativa de Oxfam*, 2 de diciembre de 2015. Disponible en línea en: https://www.oxfam.org/en/research/extreme-carbon-inequality [consultado el 14 de julio de 2018]

[178] Matthews, Damon H. et al., "National contributions to observed global warming". En: *Environmental Research Letters* 9 (2014), p. 3. En: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/1/014010/pdf [consultado el 20 de abril de 2018] [Traducción propia]

Es importante hacer este recuento histórico dada la tendencia de países emergentes por subir en el ránking de emisiones, como China que ya es el más grande emisor de dióxido de carbono de la actualidad. Y por supuesto, con la deslocalización de muchos capitales transnacionales propia del periodo neoliberal es de esperarse que las emisiones de décadas recientes que se atribuyen a países en desarrollo sean en realidad producidas por empresas de los países desarrollados que se han establecido fuera de sus fronteras debido a mejores condiciones de explotación de mano de obra y recursos naturales. Aun así, el artículo antes citado llega a la conclusión de que en términos históricos la mayor culpa es todavía adjudicable a las mismas potencias económicas de siempre. Incluso China y la India que aparecen en el top 5 de mayores emisores parecen serlo en buena medida simplemente por el tamaño de sus geografías y sus poblaciones ya que al ser ajustada la cifra a partir de indicadores per cápita o a partir de extensión geográfica apenas entran al top 20 mientras que Estados Unidos y Reino Unido siguen ocupando los primeros lugares sin importar el tipo de indicador utilizado. Y el problema no sólo es la industria metalmecánica de los países desarrollados, existen casos de países "atrasados" que a falta de una economía diversificada tienen niveles de emisiones dignos de una economía industrializada pero sólo por deforestación, como Nigeria e Indonesia.

Además, por algún error de diseño del Dios del capitalismo, quienes pagan los platos rotos del cambio climático no son quienes más culpa tienen en el asunto, ya que «los países pobres están localizados en las regiones críticas identificadas de creciente variabilidad en temperatura. Un cuerpo creciente de literatura de economía-climática muestra que los países pobres son particularmente vulnerables a impactos climáticos y meteorológicos, mientras que los países ricos tienden a no mostrar una vulnerabilidad significativa».[179] Todo esto lleva necesariamente a una discusión seria sobre la "justicia climática", no sólo porque los países pobres son los más vulnerables al cambio climático, sino también porque conforme el capitalismo se expande intensivamente la depredación de recursos de los centros sobre las periferias se intensifica y los mecanismos para evitarlo o resarcir el daño son prácticamente nulos.

[179] Bathiany, Sebastian; Dakos, Vasilis; Scheffer, Marten; Lenton, Timothy M., "Climate models predict increasing temperature variability in poor countries", *Science Advances*, Vol. 4, No. 5, 2 de Mayo de 2018, p. 5. [Traducción propia]

Ozono atmosférico

Pero no todo han sido malas noticias en estos asuntos del combate contra el cambio climático, aquel asunto del agujero en la capa de ozono que tan mediático fue en la década de los noventa del siglo pasado comenzó a perder relevancia en las discusiones de política pública debido al innegable éxito del Protocolo de Montreal, el cual fuera firmado en 1987 con la finalidad de regular el uso industrial de los clorofluorocarbonos (CFC), sustancias que agotan el ozono atmosférico. La emisión de este tipo de gases no es la única razón por la cual se agota el ozono en la atmósfera pero sí es la principal causa, así que la tendencia observable en la recuperación de la capa de ozono (que desde 1998 va a la alza al menos para el ozono de la estratósfera superior) es causa de esperanza y da peso al argumento de que con cierta voluntad política sí puede haber cambios sustanciales.[180] El problema, como suele serlo con el capitalismo cada vez más voraz, es que a últimas fechas ha habido evidencia de nuevas emisiones masivas de clorofluorocarbonos (o halocarbonos) que amenazan con revertir el logro alcanzado, la fuente de las emisiones logró rastrearse hasta China donde varias empresas manufacturan (con permiso gubernamental) espuma aislante para casas que produce grandes cantidades de CFC-11, un poderoso agotador de ozono con potencial de calentamiento global 4,750 veces más alto que el dióxido de carbono. Según el reporte de la *Environmental Investigation Agency* (EIA) que dio con los culpables de las emisiones «la mayoría de la industria de espuma de China continúa usando CFC-11 debido a su mejor calidad y menor precio»,[181] lo cual de nueva cuenta nos lleva a percibir los patrones recurrentes en la producción capitalista: los capitales no están dispuestos a absorber costos por la destrucción del medio ambiente.

---

[180] Un estudio publicado a inicios de 2018 coincide en que el ozono de la estratósfera superior se ha recuperado, sin embargo, aclara lo siguiente: "Aquí reportamos evidencia de varias mediciones de satélite de que el ozono en la estratósfera inferior entre 60° S y 60° N de hecho ha continuado declinando desde 1998 […] Encontramos que el ozono total de columna entre 60° S y 60° N parece no haber decrecido sólo debido a incrementos en ozono de columna troposférico que compensa por las reducciones estratosféricas […] Las razones para la continua reducción del ozono de la estratósfera inferior no son claras". Ball, William T. et al., "Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18, pp. 1379-1380. https://doi.org/10.5194/acp-18-1379-2018 [Traducción propia]

[181] Environmental Investigation Agency, *BLOWING IT: Illegal Production and Use of Banned CFC-11 in China's Foam Blowing Industry*, Julio 2018 , p. 4. En línea: https://eia-international.org/report/blowing-it [Consultado el 16 de julio de 2018] [Traducción propia]

Aerosoles y otros contaminantes

Podríamos extendernos más en el análisis del estado de la atmósfera, por ejemplo analizando a profundidad dos de los límites planetarios de los que habla el estudio de Rockström y asociados: la carga de aerosoles en la atmósfera y la contaminación química. Problemas ambos que impactan severamente la salud de los ecosistemas, la salud humana y procesos naturales como los ciclos hidrológicos. Debido a la complejidad de los aerosoles y la inagotable cantidad de químicos industriales liberados al medio ambiente, de los cuales no se conocen todas sus consecuencias, el estudio encabezado por Rockström no se atreve a establecer un límite cuantificable a estos dos límites planetarios, pero los problemas que trae consigo la contaminación atmosférica tienen impactos tan severos como la interferencia en la capacidad de las plantas de absorber dióxido de carbono anulando su función como sumidero de carbono y potenciando aún más el calentamiento global.[182] De acuerdo a Rockström varios componentes de los aerosoles generan «daño de cultivos por exposición a ozono, degradación de bosques y pérdida de peces de agua dulce debido a precipitación ácida, cambios en los patrones globales de precipitación y en balance de energía»,[183] todo lo cual tiene consecuencias directas sobre las sociedades humanas. Son muchos los caminos que podríamos explorar respecto a estos temas pero creo que el argumento esbozado hasta aquí es suficiente, así que sin más añadiduras pasemos a analizar otros elementos del Sistema Terrestre.

[182] Cfr. Yue, Xu et al, "Ozone and haze pollution weakens net primary productivity in China", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17, 2017, pp. 6073-6089. https://doi.org/10.5194/acp-17-6073-2017

[183] Rockström, Johan et al, Op. Cit., p. 18.

2.3. HIDRÓSFERA.

2.3.1 Océanos.

Los océanos dan cuenta de alrededor del 70% de la superficie del planeta y en ellos se origina la mayor parte del oxígeno atmosférico, no es difícil, entonces, considerar que la relación de los sistemas climáticos planetarios con eventos oceánicos es central. Además, buena parte de la economía y de la subsistencia de las modernas sociedades humanas depende de la explotación de recursos marinos, tanto bióticos como abióticos. Así, entender la degradación, contaminación y explotación de los océanos es central en cualquier análisis sobre el futuro de nuestra especie. Iniciemos describiendo el problema en términos del estudio de Rockström y compañía, en su estudio la "acidificación oceánica" (la cual es consecuencia del aumento en niveles de CO_2 antropogénico que absorben los océanos) aparece como uno de los nueve límites planetarios que no deben cruzarse si queremos mantener un sistema climático estable, hasta el momento el límite no se ha cruzado pero nos acercamos rápidamente al umbral:

> La acidificación oceánica representa un desafío para la biodiversidad marina y la habilidad de los océanos para continuar su función como un sumidero de CO_2 (actualmente removiendo alrededor del 25% de las emisiones humanas) […] El pH de la superficie del océano ha decrecido cerca de 0.1 unidades de pH […] desde tiempos pre-industriales […] Esta tasa de acidificación es al menos 100 veces más rápida que en cualquier otro momento en los últimos 20 millones de años.[184]

Las consecuencias de la acidificación del océano son visibles sobre todo en el impacto sobre la vida marina, en particular los animales que producen conchas y los corales que dependen de *calcificadores* ven alterados sus procesos biológicos. Esto puede atestiguarse en parte con el acelerado ritmo al que se pierden arrecifes de coral en todo el mundo, los cuales están en peligro de desaparecer por completo en el transcurso de este siglo si se mantiene el escenario industrial como hasta ahora, sin embargo, «los efectos de la acidificación no van a detenerse con los arrecifes, como dominós, los impactos van a ser mucho más extensos a través de los océanos».[185] Pero no sólo es la acidificación, los océanos

[184] Rockström, et al., Op Cit., p. 10.
[185] Harrould-Kolieb, Ellycia; Huelsenbeck, Matthew; Selz, Virginia, *Ocean Acidification: The Untold Stories*, Oceana, November 2010, p. 2. [Traducción propia]

son responsables de buena parte de la estabilidad del clima mundial y lo hacen a través de varios mecanismos, uno de ellos es a través de la retención de calor. Así, «el calentamiento oceánico domina el incremento en energía acumulada en el sistema climático, dando cuenta de más del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010 […] con sólo alrededor del 1% acumulado en la atmósfera»[186], lo cual significa que gracias a que el océano absorbe esa inmensa cantidad de energía el ritmo del calentamiento global antropogénico ha sido mucho menor del esperado. Según ciertas estimaciones, «los primeros 2000 m del océano absorbieron hasta 240 ZJ de calor entre 1955 y 2010, pero sólo incrementaron su temperatura unos 0.09ºC debido a su alta capacidad calorífica. Si los bajos 10 km de la atmósfera pudieran absorber esta misma cantidad de calor se calentaría por 36ºC».[187] Y de nueva cuenta, las consecuencias del calentamiento oceánico pueden sentirse en primer lugar en la pérdida de biodiversidad, pero viendo el asunto en el largo plazo también en el impacto que tendrá sobre la actividad económica a escala planetaria (como veremos en el capítulo 4):

> El calentamiento oceánico lleva a desoxigenación -una reducción en la cantidad de oxígeno disuelto en el océano- y a aumento del nivel del mar que resulta de la expansión térmica del agua de mar y el derretimiento de hielo continental. Las crecientes temperaturas, junto a la acidificación oceánica (la caída en pH del océano debido a su absorción de CO_2), afectan a especies y ecosistemas marinos y, consecuentemente, los beneficios fundamentales que los humanos derivan del océano.[188]

[186] IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, p. 40. [Traducción propia]
[187] Whitmarsh, Flora; Zika, Jan; Czaja, Arnaud, "Ocean heat uptake and the global surface temperature record", *Grantham Institute Briefing paper No 14*, September 2015, Imperial College, London, p. 2. [Traducción propia]
[188] International Union for Conservation of Nature, "Ocean Warming", *IUCN Issues Brief*, November 2017, pp. 1-2. [Traducción propia]

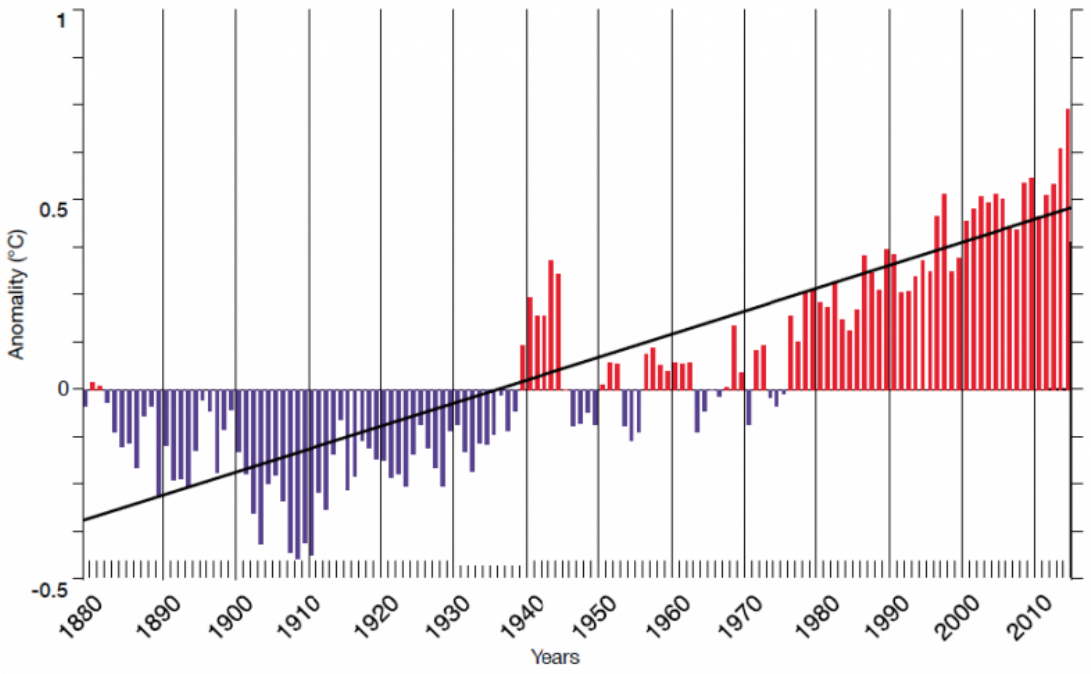

Fig. 5. Anomalías de la temperatura global anual de la superficie del mar de 1880 a 2015 con tendencia lineal sobrepuesta. Las anomalías globales son con respecto al *promedio* del siglo XX.[189]

Otro de los mecanismos responsables de la estabilidad del sistema climático son las corrientes oceánicas, al grado en que investigaciones recientes indican que el inicio del fin de la última edad de hielo se debió en parte a un importante cambio en las corrientes oceánicas del Pacífico Norte que liberaron grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera hace unos 15,000 años.[190] Las múltiples corrientes oceánicas influencian la temperatura de las regiones por las que viajan, por ejemplo creando zonas templadas o frescas en lugares donde por su latitud deberían ser zonas más cálidas (como en Europa), de ahí que una de las variables que considera el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por su siglas en inglés) en sus reportes sea precisamente el cambio en corrientes oceánicas. Y

[189] NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, en: https://www.ncdc.noaa.gov/cag/ [consultado el 10 de junio de 2018]
[190] Cfr. William R. Gray et al., "Deglacial upwelling, productivity and CO2 outgassing in the North Pacific Ocean", *Nature Geoscience* 11 (2018), pp. 340-344. DOI: 10.1038/s41561-018-0108-6

aunque en el último reporte del IPCC se desestiman las alteraciones en corrientes oceánicas (en específico la Meridional Atlántica) al asegurar que «no hay evidencia observable de una tendencia de largo plazo en la Circulación de Retorno Meridional Atlántica (AMOC)»[191], estudios más recientes comienzan a llamar la atención sobre el debilitamiento de las corrientes oceánicas debido a niveles crecientes de CO_2 atmosférico:

> Nuestros hallazgos muestran que en años recientes la AMOC [Circulación de Retorno Meridional Atlántica o *Atlantic Meridional Overturning Circulation*] parece haber llegado a un nuevo récord mínimo […] Datos aproximados de la temperatura de superficie para el Atlántico subpolar sugieren que "la debilidad del AMOC después de 1975 es un evento sin precedentes en el último milenio" […] Aunque variaciones naturales de largo plazo no pueden ser descartadas por completo, el declinar de la AMOC desde los 1950 es muy probable que sea ampliamente antropogénico, dado que es una característica predicha por modelos climáticos en respuesta a niveles crecientes de CO_2.[192]

Sin embargo hay estudios que parecen indicar que el debilitamiento de la AMOC puede deberse a causas no antropogénicas, en un artículo publicado en el mismo número de *Nature* donde aparece el trabajo antes citado se llega a conclusiones bastante similares pero con algunas discrepancias en el análisis de los orígenes. Según este estudio el debilitamiento de la corriente atlántica probablemente se debe a causas naturales que se remontan más o menos al mismo tiempo en que comenzaba la Revolución Industrial allá por 1850, aunque los autores llegan a la conclusión de que el debilitamiento ha continuado hasta nuestros días probablemente potenciado por el calentamiento global causado por gases de efecto invernadero producto de la industria moderna:

> La persistencia de una débil AMOC durante el siglo veinte, cuando hubo un pronunciado calentamiento global y del Hemisferio Norte, sugiere que otras fuerzas climáticas -como el calentamiento por gases de efecto invernadero- fueron dominantes durante este periodo. Así

[191] IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, p. 40.
[192] Caesar, L.; Rahmstorf, S.; Robinson, A.; Feulner, G.; Saba, V., "Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation", en: *Nature*, Vol. 556, 12 de Abril de 2018, p. 195.

> pues, inferimos que la AMOC ha respondido al reciente cambio climático de escala centenaria más que haberlo provocado.[193]

Así, lo que parece ser un hecho es que las corrientes oceánicas a nivel planetario se están viendo afectadas por el cambio climático antropogénico de los últimos dos siglos, algo que puede corroborarse con una cantidad impresionante de literatura científica que encontré en línea y me dio bastante flojera revisar, baste con mencionar el ejemplo del deshielo en Groenlandia, el cual se ha confirmado como una de las causas principales del debilitamiento de la corriente atlántica. Al parecer las corrientes océanicas provenientes del Hemisferio Sur, que son más cálidas y viajan en la superficie, al llegar cerca del Ártico se vuelven más frías y densas y se hunden hasta el fondo oceánico para viajar de regreso a la Antártica en un proceso llamado "convexión", pero el deshielo de la capa de hielo de Groenlandia acumula agua fresca en la superficie lo que dificulta el hundimiento de las corrientes debido a la falta de densidad en el agua que normalmente da la mayor presencia de sal.[194] El hecho es que esto está confirmado y está sucediendo ahora, no es una proyección a futuro, son datos del momento indudablemente vinculados al cambio climático antropogénico y que al parecer anuncian peores cosas por venir.

Adelantándonos un poco al apartado dedicado a la pérdida de diversidad biológica podemos mencionar que derivado de todo lo anterior (aunado a la sobreexplotación industrial de las pesquerías marinas) los océanos del mundo están colapsando a un ritmo alarmante, lo que para muchos países costeros que dependen económicamente en gran parte de la pesca significará un desastre que ya no es tan difícil de predecir. Por ejemplo, podemos citar aquel controversial estudio que prevé la total aniquilación de la vida en los océanos hacia 2048, una fecha nada lejana:

> Conclusiones. Relaciones positivas entre diversidad y funciones y servicios del ecosistema fueron encontradas usando acercamientos experimentales y correlativos sobre las trayectorias de pérdida y recuperación. Nuestros datos resaltan las consecuencias sociales

[193] Thornalley, David J. R.; Oppo, Delia W.; Ortega, Pablo; Robson, Jon I.; Brierley, Chris M.; Davis, Renee; Hall, Ian R.; Moffa-Sanchez, Paola; Rose, Neil L.; Spooner, Peter T.; Yashayaev, Igor; Keigwin, Lloyd D., "Anomalously weak Labrador Sea convection and Atlantic overturning during the past 150 years", en: *Nature*, Vol. 556, 12 de Abril de 2018, p. 230.

[194] Véase: Oltmanns, Marilena; Karstensen, Johannes; Fischer Jürgen, "Increased risk of a shutdown of ocean convection posed by warm North Atlantic summers", en: *Nature Climate Change*, Vol. 8, Abril 2018, pp. 300-304.

> de una continua erosión de diversidad que parece estar acelerándose a escala global. Esta tendencia es de seria preocupación ya que proyecta el colapso global de todas las taxa actualmente pescadas para mediados del siglo XXI ([…] hasta 100% en el año 2048). Nuestros hallazgos sugieren que la eliminación de poblaciones y especies localmente adaptadas no sólo coarta la capacidad de los ecosistemas marinos de alimentar a una población humana creciente sino que sabotea su estabilidad y potencial de recuperación en un rápidamente cambiante ambiente marino.[195]

Durante un tiempo este trabajo fue recibido con escepticismo hasta que la propia ONU a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) corroboró el pronóstico en 2010, reafirmando la potencial existencia de un océano sin peces hacia 2050 y afirmando que el 30% de la reserva mundial de peces ya se ha colapsado. Esto por supuesto afecta de manera mucho más traumática a los países "subdesarrollados" que son quienes en mayor proporción dependen de la economía pesquera, habrá que analizar cómo y a qué países estas dinámicas afectan para establecer un análisis de tendencias que parta de información confiable, pero lo que es un hecho es que quienes resienten la mayor parte del daño por la explotación de recursos naturales no son quienes se benefician directamente de ello.

> Las pesquerías marinas representan un significativo, pero finito, recurso natural para países costeros. La mayoría de las pescas en algunas áreas mar adentro no las realizan principalmente los países costeros interesados. La mayoría de las pesquerías en la costa de Mauritania […] por ejemplo, son de países de Europa y Asia […] De acuerdo a este estimado, Mauritania sólo logró 10% de la pesca total en 2002 […] Para países en desarrollo, las pesquerías intensivas por países extranjeros y el cambio climático puede tornarse severo para el ingreso, sustento y seguridad alimentaria de comunidades costeras. Los productos pesqueros se están convirtiendo en una de las exportaciones crecientes más importantes para países en desarrollo.[196]

Todo este escenario se remata con información de un reporte publicado en 2016 por la *Ellen Macarthur Foundation* que asegura que en 2050 habrá más toneladas de plástico que de peces en los océanos. La cantidad de plástico que anualmente escapa a los océanos es impresionante y en términos de lo que tenemos planeado para el último capítulo de este

---

[195] Worm, Boris et al., www.sciencemag.org, Science 3 November 2006: Vol. 314 no. 5800 pp. 787-790. [Traducción propia]

[196] Nellemann, C., Hain, S., and Alder, J. (Eds), *In Dead Water – Merging of climate change with pollution, over-harvest, and infestations in the world's fishing grounds*. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, Norway, 2008, pp. 54-55. [Traducción propia]

proyecto (es decir, el análisis del impacto económico de esta devastación) es patente que el costo de estas "externalidades" negativas se irá acumulando al punto en que cuando se requiera reparar el daño para poder continuar con la actividad humana sobre los océanos será a costa de una importante parte de la ganancia capitalista:

> Un estimado de 32% de plásticos escapan al sistema de recolección globalmente. Los empaques de plástico son particularmente propensos a filtrarse debido a su pequeño tamaño, alta tasa de dispersión y bajo valor residual. Hoy, al menos 8 millones de toneladas de plásticos (de las cuales estimaciones sugieren que los empaques de plástico representan la mayoría) se filtran al océano -tan sólo uno de los 'sumideros' para plásticos filtrados- cada año. Los plásticos que se filtran a los océanos y otros sistemas naturales se mantienen ahí por siglos resultando en altos costos económicos y causando daños a los sistemas naturales. Aunque el impacto económico total aún no es claro, estudios iniciales sugieren que está al menos en los miles de millones de dólares. El reporte *Valuing Plastic* conservadoramente estima los costos de las externalidades negativas de los plásticos en los océanos en al menos 13 mil millones de dólares [billones en inglés]. El Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) estima que el costo de los plásticos en el océano para el turismo, la pesca y la industria naviera fue de 1.3 mil millones de dólares tan sólo en esa región.[197]

Pero nos estamos adelantando, primero hay que asentar las bases físicas de la destrucción. Continuando con el tema del plástico en océanos, un estudio de 2014 revelaba que atrapado en el hielo ártico existe una cantidad impresionante de "microplásticos" (<5mm de diámetro) siendo un sumidero de basura humana aún más grande que el mediatizado continente de basura que flota en el Océano Pacífico.[198] Tomando en cuenta que el Ártico se deshiela a un ritmo acelerado la cantidad de piezas de plástico que se liberarán a los océanos del mundo será considerable:

> Hay cerca de 6 millones de km^2 de hielo de varios años del Mar Ártico, en general >2 m de grosor […] pero el grosor y extensión han demostrado una dramática reducción en años recientes […] Si las tendencias actuales continúan, en la siguiente década 2.04 billones [*trillions* en inglés] de m^3 de hielo se derretirán […] Si todo esto contuviera la menor

[197] Ellen Macarthur Foundation, *The New Plastic Economy, Rethinking the Future of Plastics*, 2016, p. 76. (traducción propia)
[198] Cfr. Liu, Marian, "Great Pacific Garbage Patch now three times the size of France", *CNN*, Marzo 23 de 2018, en: https://edition.cnn.com/2018/03/23/world/plastic-great-pacific-garbage-patch-intl/index.html [consultado el 10 de junio de 2018]

> cantidad que reportamos aquí (38 partículas por metro cúbico), esto podría liberar más de un billón de piezas de plástico.[199]

Para 2018 un nuevo estudio da un panorama más severo que el de cualquier estudio anterior, asegurando que «científicos han encontrado una cantidad récord de plástico atrapado en el hielo del mar del Ártico […] Hasta 12,000 piezas de micropartículas de plástico fueron encontradas por litro de hielo de mar en muestras tomadas de cinco regiones en viajes al Océano Ártico -tanto como tres veces más alto que niveles en estudios previos».[200] El impacto que esta concentración de plásticos tiene sobre ecosistemas marinos está ampliamente documentado[201] y va más allá de tortugas atrapadas en sujetadores de cerveza, «la contaminación de plástico está globalmente distribuida a través de todos los océanos debido a sus propiedades de flotabilidad y durabilidad, y la sorción de tóxicos al plástico mientras viaja a través del ambiente […] ha llevado a algunos investigadores a asegurar que los polímeros sintéticos en el océano deberían ser tratados como desperdicio peligroso».[202]

Observamos que la evidencia para hablar de un profundo cambio ambiental antropogénico sobre los sistemas oceánicos es incuestionable, podríamos adentrarnos bastante en la discusión sobre este punto en particular pero creo que con los datos presentados podemos darnos un panorama lo suficientemente comprensivo de la problemática; siendo así, pasemos a analizar otra dimensión del problema.

---

[199] Obbard, Rachel W.; Sadri, Saeed; Wong, Ying Qi; Khitun, Alexandra A.; Baker, Ian; Thompson, Richard C., "Global warming release microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice", en: *Earth's Future*, 2 (2014), p. 319. Disponible en línea: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2014EF000240 [consultado el 30 de abril de 2018]

[200] Taylor, Matthew, "Record levels of plastic discovered in Arctic sea ice", The Guardian, 24 de abril de 2018. En: https://www.theguardian.com/environment/2018/apr/24/record-levels-of-plastic-discovered-in-arctic-sea-ice?CMP=fb_gu [consultado el 27 de abril de 2018]

[201] Cfr. Ivar do Sul, Juliana A. y Costa, Monica F., "The present and future of microplastic pollution in the marine environment", en: *Environmental Pollution*, Volume 185, February 2014, pp. 352-364.

[202] Eriksen, Marcus; Lebreton, Laurent C. M.; Carson, Henry S.; Thiel, Martin; Moore, Charles J.; Borerro, Jose C.; Galgani, Francois; Ryan, Peter G.; Reisser, Julia, "Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea", en: *PLoS ONE*, 9 (12), Diciembre 10 de 2014, p. 1.

2.3.2 Agua dulce.

Cuando de discutir los problemas de *agua dulce* se trata el asunto puede analizarse desde dos aristas: contaminación y agotamiento. Ambos problemas tienen grandes impactos tanto en la reproducción humana como en la salud del ambiente, pero comenzando por la contaminación y el impacto sobre la población humana podríamos mencionar que al momento «unos 2.300 millones de personas (aproximadamente 1 de cada 3 habitantes del mundo) no tienen aún acceso a servicios de saneamiento adecuado»[203], según el sexto reporte del PNUMA sobre el estado del medio ambiente esto se traduce en que cada año mueren alrededor de 1.4 millones de personas por enfermedades relacionadas a ingesta de agua contaminada. La contaminación de agua dulce a nivel mundial se ha incrementado "significativamente" (para ponerlo en palabras del PNUMA), lo cual impacta sobre todo a países en desarrollo o subdesarrollados que dependen en gran medida de la economía ligada directamente al uso del agua, como la pesca y la agricultura de irrigación.

> La contaminación del agua ha empeorado desde la década de 1990 en la mayoría de los ríos de América Latina, África y Asia […]La contaminación patógena severa ya afecta a cerca de un tercio de todos los tramos de río de América Latina, África y Asia […]La contaminación orgánica severa ya afecta a cerca de uno de cada siete kilómetros de todos los tramos de río de América Latina, África y Asia […] La contaminación salina severa y moderada ya afecta a cerca de un décimo de todos los tramos de río de América Latina, África y Asia.[204]

Pero no sólo es la contaminación, sino también la escasez, algo que suele combinarse muy seguido en países en desarrollo donde el uso del agua para actividades industriales y agrícolas genera un *estrés hídrico* considerable para buena parte de la población, por ejemplo en el caso de la India actualmente «600 millones de indios enfrentan de alto a extremo estrés hídrico y cerca de 2 lakh [200,000] personas mueren cada año debido a inadecuado acceso a agua segura […] Para 2030, se proyecta que la demanda de agua del país sea el doble que la oferta disponible».[205] Así pues, siguiendo de nuevo el mapa dibujado por Rockström

[203] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2019), *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, GEO 6: Resumen para responsables de formular políticas*, Nairobi, p. 16.
[204] UNEP (2016). *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, pp. LII-LIV.
[205] Niti Aayog, *Composite Water Management Index: a tool for water management*, Niti Aayog in association with Ministry of Water Resources, Ministry of Drinking Water & Sanitation, and Ministry

podemos hacer mención al *uso global de agua dulce* como uno de los límites planetarios que no deberían cruzarse (tanto por sus consecuencias sobre la población humana como sobre la biósfera), según el trabajo ya mencionado el deterioro de las reservas mundiales de agua dulce se puede agrupar en tres tópicos generales:

> (i) La pérdida de recursos de humedad en el suelo (agua verde) debido a degradación del suelo y deforestación, que amenazan la producción terrestre de biomasa y el secuestro de carbono, (ii) uso y cambios en volúmenes de escorrentía (agua azul) y patrones que amenazan la disponibilidad de agua para uso humano […] (iii) impactos en la regulación del clima debido a un declinar en la retroalimentación de humedad de flujos de vapor (flujos de agua verde) que afectan los patrones de precipitación locales y regionales.[206]

Puede verse en la descripción anterior que gran parte del problema del agotamiento de las reservas de agua dulce viene dado por factores ajenos a la explotación directa del recurso y tiene mucho que ver con el cambio climático y los cambios en uso de suelo que alteran los ciclos hidrológicos, sin embargo la extracción para consumo humano sigue siendo la mayor parte del problema y es en este factor en donde se concentra el estudio utilizando datos de extracción de agua para uso en actividades humanas. Utilizando la definición de "límites planetarios" y los valores establecidos que no se deberían cruzar parece ser que aún no estamos en peligro de atravesar el umbral establecido para el agua dulce, según el propio estudio del equipo de Rockström así como algunos otros éste es uno de los límites que están aún muy por debajo de la zona de peligro. En un estudio de 2015 que actualiza los datos del estudio pionero de Rockström retomando la idea de los 9 límites planetarios que no debemos cruzar para mantener al planeta en un estado similar al del Holoceno (el cual es el único que con certeza podemos decir que puede sustentar la vida de las sociedades humanas contemporáneas), se llega a la misma conclusión, es decir, que el límite del consumo de agua dulce a *nivel planetario* está muy por debajo del límite. El cálculo es complejo pero en términos sencillos basa su «variable de control en el concepto de flujos de agua ambientales

---

of Rural Development, India, June 2018, p. 15. Disponible en: http://www.niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/2018-05-18-Water-index-Report_vS6B.pdf [consultado el 18 de junio de 2018. Traducción propia]

[206] Rockström, et al., Op. Cit., p. 16.

(EWF), el cual define el nivel de los flujos de ríos para diferentes características hidrológicas de cuencas de ríos adecuadas para mantener un estado del ecosistema de regular a bueno».[207]

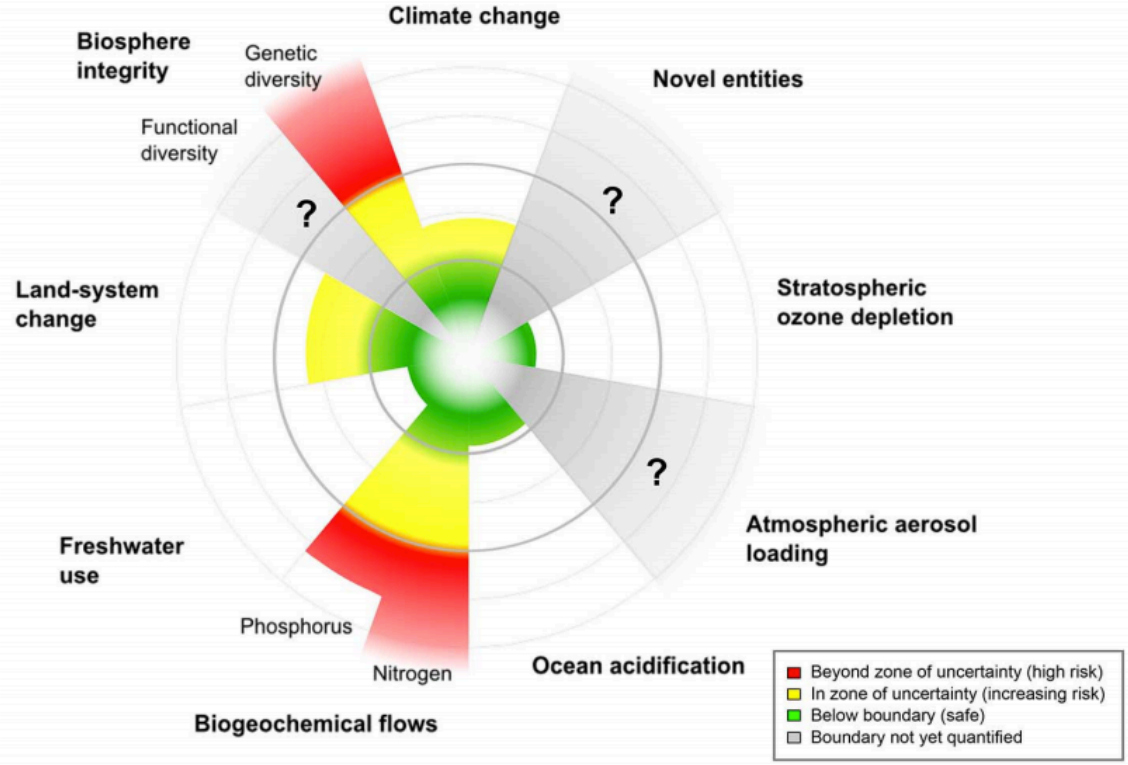

Figura 6. Estado actual de siete de los nueve límites planetarios (2015). Verde significa que está debajo del límite, amarillo en la zona de incertidumbre y rojo más allá de la zona de incertidumbre; las zonas grises son límites aún no cuantificados. [208]

Pero el hecho de que el planeta aún pueda mantener sus procesos geoquímicos bajo control en términos de lo que el Holoceno ha requerido (al menos en lo tocante a la presencia de agua dulce superficial[209] para mantener estables a los ecosistemas) no quiere decir que no

[207] Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennet, Reinette Biggs, Stepehen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia, A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers, Sverker, Sörlin, "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", en: *Science*, Vol. 347, Issue 6223, 13 de febrero de 2015, p. 743.
[208] Ibid., p. 742.
[209] Existe por lo menos un estudio que cuestiona el hecho de que aún estemos por debajo del límite planetario del consumo de agua dulce y responde de manera directa al estudio de Steffen y asociados:

exista una crisis hídrica considerable en términos humanos y de muchas otras especies, incluso los autores del estudio reconocen en una nota aclaratoria posterior que «Steffen *et al.* no dan un "mensaje de aparente calma" en relación al consumo humano de agua; por el contrario, refirman hallazgos previos de que la interferencia humana con los sistemas hídricos está muy por encima de los niveles de tolerancia locales, a pesar de que un límite planetario aún no ha sido cruzado».[210] De acuerdo al *World Resources Institute* (WRI) luego de analizar un escenario climático de *business as usual* (o el escenario RCP 8.5 tal como lo define el IPCC) empatado con tendencias socioeconómicas conocidas (o escenario SSP2) de 167 países se llega a la conclusión de que para 2040 al menos 33 países enfrentarán estrés hídrico extremadamente alto en lo tocante al agua dulce superficial.[211] El ránking del WRI que básicamente mide la extracción total de agua sobre la oferta de agua renovable agrupa el estrés hídrico del agua superficial en cinco categorías que van de *bajo* a *extremadamente alto*, así que el problema no se acaba con esos 33 países, hay varias naciones que estarán en la categoría de estrés hídrico alto, entre las que se encuentran algunas de las grandes potencias económicas como Estados Unidos, China y la India.

Cfr. Jaramillo, Fernando y Georgia Destouni, "Comment on "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", en: *Science*, Vol. 348, Issue 6240, Junio 2015. Asimismo existe una contrarréplica de parte de los investigadores del estudio inicial en donde defienden sus hallazgos: Cfr. Gerten, Dieter, Johan Rockström, Jens Heinke, Will Steffen, Katherine Richardson, Sarah Cornell, "Response to Comment on "Planetary boundaries: Guiding humand development on a changing planet", en: *Science*, Vol. 348, Issue 6240, Junio 2015.

[210] Gerten, Dieter, Johan Rockström, Jens Heinke, Will Steffen, Katherine Richardson, Sarah Cornell, "Response to Comment on "Planetary boundaries: Guiding humand development on a changing planet", en: *Science*, Vol. 348, Issue 6240, Junio 2015.

[211] Luo, T., R. Young, P. Reig (2015). "Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings." Technical Note. Washington, D.C.: *World Resources Institute*. Disponible en línea: www.wri.org/publication/aqueduct-projected-water-stresscountry-rankings

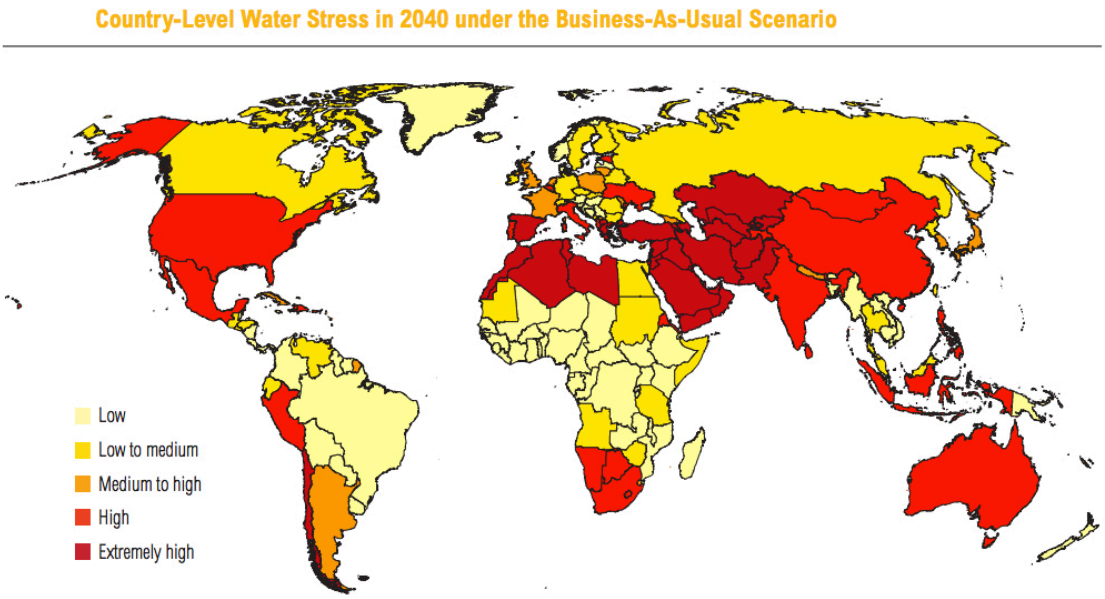

Figura 7. Estrés hídrico a nivel país en 2040 bajo un escenario de *business-as-usual* (RCP 8.5 y SSP2).[212]

Por supuesto que las consecuencias sociales de esta situación ya son visibles y serán cada vez más grandes (14 de los 33 países con mayor estrés hídrico proyectado para 2040 están en Medio Oriente, tal vez la zona más conflictiva del orbe), más si tomamos en cuenta el interés que grandes potencias ya tienen en el control de reservas de agua de otras latitudes, y si bien quedarán amplias regiones donde el estrés hídrico no será tan marcado las zonas más pobladas del planeta así como las más áridas se enfrentarán un panorama nada esperanzador de continuar las tendencias actuales. Al momento, «resultados generales muestran rápidos incrementos en estrés hídrico a través de varias regiones, incluyendo el Mediterráneo, el Medio Oriente, El Occidente Norteamericano, Australia occidental, Asia occidental, el norte de China y Chile». [213] De continuar estas tendencias es de esperarse que en sólo 15 años la demanda de agua supere a la oferta existente en aproximadamente 40%.[214]

[212] Luo, T., R. Young, P. Reig (2015). "Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings." Technical Note. Washington, D.C.: *World Resources Institute*. Disponible en línea: www.wri.org/publication/aqueduct-projected-water-stresscountry-rankings
[213] Luck, M., M. Landis, F. Gassert (2015). "Aqueduct Water Stress Projections: Decadal Projections of Water Supply and Demand Using CMIP5 GCMs." Technical Note. Washington, D.C.: *World Resources Institute*, p. 1.
[214] Cfr. 2030 Water Resources Group, *2016 Annual Report: Partnerships for transformation*, 2016.

Es ante este escenario de agotamiento y contaminación de las reservas de agua dulce superficial que la importancia del agua existente en el subsuelo gana día con día mayor relevancia, en la actualidad la mayor parte del consumo de agua proviene de estas últimas fuentes, sin embargo casi dos mil millones de personas dependen del consumo del agua del subsuelo y es de esperarse que esta cifra continúe creciendo sobre todo en zonas afectadas por sequías. De acuerdo al sexto reporte de la UNEP sobre el estado del medio ambiente casi un tercio de la extracción de agua a nivel mundial proviene de acuíferos[215] aunque casi la mitad del agua utilizada para irrigación proviene de estas mismas fuentes, por lo que el impacto sobre la actividad económica sería considerable si los acuíferos llegan a un punto de sobreexplotación tal que queden por completo agotados:

> El agua subterránea está siendo extraída a tasas mucho más grandes de lo que puede ser repuesto de manera natural, de tal manera que muchos de los acuíferos más grandes en la mayoría de los continentes están siendo sobreexplotados, sus preciosos contenidos serán agotados para siempre. Estos incluyen la Planicie del Norte de China, la Cuenca Canning de Australia, el Sistema de Acuíferos del Sahara Noroccidental, El Acuífero Guaraní en Suramérica, los acuíferos de las Planicies Altas y el Valle Central de los Estados Unidos, y los acuíferos debajo de India noroccidental y el Medio Oriente. Casi todos ellos subyacen a las grandes regiones agrícolas del mundo y son los principales responsables de su alta productividad.[216]

De acuerdo a un estudio publicado en 2015 por científicos de la Universidad de Irvine en California utilizando datos de satélite de la NASA del proyecto GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) que analiza anomalías gravitatorias del planeta (en este caso relacionadas a la masa de cuerpos de agua), se llegó a la conclusión de que de los 37 acuíferos más grandes del planeta 21 han excedido los límites de la sustentabilidad y están siendo agotados, de éstos 13 presentan un impacto significativo ya que están siendo explotados a ritmos acelerados a la par que presentan una recarga nula o casi nula.[217] Aunque

---

[215] United Nations Environment Programme (UNEP), *Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People*, Cambridge University Press, Nairobi, 2019, p. 240.
[216] Famiglietti, J. S., "The global groundwater crisis", en: *Nature Climate Change*, Vol. 4, Noviembre 2014 , p. 946.
[217] Cfr. Richey, Alexandra S., Brian F. Thomas, Min-Hui Lo, John T. Reager, James S. Famiglietti, Katalyn Voss, Sean Swenson, Matthew Rodell, "Quantifying renewable groundwater stress with GRACE", en: *Water Resources Research*, Vol. 51, pp. 5217-5238.

los cálculos de la recarga de acuíferos no suelen ser muy precisos dada la dificultad de obtener estadísticas confiables en todos los países y el desconocimiento de múltiples variables que afectan la recarga de cada acuífero en particular varios estudios coinciden en que las zonas áridas (que suelen ser las de mayores conflictos geopolíticos) son las de los mayores problemas, ya que al no poder depender de reservas de agua superficial las poblaciones dependen en gran medida del agua del subsuelo. Por el contrario las zonas boscosas no suelen presentar problemas de agotamiento severos, lo que esto indica es la importancia de los biomas para la captura de agua y el peligro que corre la recarga de los acuíferos dadas tendencias como la desertificación y deforestación de amplias zonas por factores como el cambio climático y el cambio en el uso de suelo:

> Entender a los biomas dominantes en los acuíferos estudiados es una clave para evaluar cómo el estrés del agua subterránea puede cambiar en el futuro y dónde pueden surgir conflictos basados en presiones externas que incluyen crecimiento poblacional, demanda de comida, y variabilidad climática.[218]

Presiones antropogénicas sobre todo en países que escalan rápidamente el ránking mundial de potencias económicas generarán inevitables dificultades para atender las necesidades de sus poblaciones, por ejemplo en la India se calcula que «21 ciudades, incluyendo Nueva Delhi, Bengaluru, Chennai, y Hyderabad, se quedarán sin agua subterránea para 2020, afectando a 100 millones de personas».[219] Pero no sólo se trata de agotamiento por sobreexplotación, de acuerdo a un estudio publicado en *Nature Climate Change* el cambio climático puede tener consecuencias graves sobre la recarga de acuíferos al afectar los patrones de precipitación globales al grado en que se espera que sólo alrededor de la mitad de todas las reservas de agua subterránea se reabastezcan totalmente o se equilibren dentro del intervalo de los próximos 100 años.[220] Así pues, si bien es de esperarse que el panorama para finales de este siglo sea bastante sombrío de seguir con el *business as usual* también debemos resaltar que la crisis hídrica es una realidad contemporánea, no hay

[218] Ibid., pp. 5231-5232.
[219] Niti Aayog, *Composite Water Management Index: a tool for water management*, Op. cit., p. 28.
[220] Cfr. Cuthbert, M. O., T. Gleeson, N. Moosdorf, K. M. Befus, A. Schneider, J. Hartmann & B. Lehner, "Global patterns and dynamics of climate-groundwater interactions", en: *Nature Climate Change* 9, 2019, pp. 137-141-

que hacer proyecciones hacia 2050 ó 2100 tomando en cuenta decenas de escenarios posibles para dar cuenta de un mundo al borde del colapso:

> Al momento casi todos los países en el cinturón alrededor de 10° a 40° latitud norte de México a China y Sur América occidental, el Sur de África y Sur de Europa están afectados por escasez de agua […] En la década de los 2010 con base anual 1.9 mil millones de personas (27% de la población global total) vive en áreas de potencialmente severa escasez de agua y en 2050 serán de 2.7 a 3.2 mil millones dependiendo del escenario. Si se toma en cuenta la variabilidad mensual 3.6 mil millones de personas alrededor del mundo (51%) ya están viviendo en áreas de severa escasez de agua al menos un mes al año y serán de 4.8 a 5.7 mil millones en 2050.[221]

Los desafíos que generan y generarán estos escenarios son inconmensurables y abarcan desde crisis humanitarias (como la de los desplazados climáticos que de acuerdo a la ONU podrían ser cerca de mil millones en los próximos 30 años de continuar las tendencias de desertificación)[222] hasta crisis económicas en importantes sectores productivos (como el agrícola que verá casi la mitad de la producción global de grano en peligro debido a estrés hídrico hacia 2050)[223], pero todos estos desafíos pasan por la innegable realidad del cambio climático antropogénico y la sobreexplotación de recursos. Aunque cabe aclarar que a pesar de la dureza de estas cifras si vemos el asunto en términos de distribución de recursos observamos que al menos en la parte que se relaciona con la crisis humanitaria las cosas no tendrían por qué ser tan dramáticas y podríamos decir que estamos (hasta el momento) más ante un escenario de escasez por desigualdades económicas y acaparamiento de recursos por parte de la industria que ante un escenario de escasez real; pero de eso hablaremos en otra parte de la investigación.

---

[221] Burek, Peter et al., *Final Report: Water Futures and Solution, Fast Track Initiative*, IIASA, Austria, March 2016, p. VI.
[222] United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), *Desertification: The Invisible Frontline*, Germany, 2014, p. 7.
[223] 2030 Water Resources Group, *2016 Annual Report: Partnerships for transformation*, 2016, p. 14.

2.4. CRIÓSFERA.

Casquetes polares

La criósfera es aquella parte del Sistema Terrestre que comprende a todas las aguas superficiales en estado sólido, básicamente glaciares, ríos y lagos congelados durante el invierno, suelos congelados (permafrost) y principalmente los casquetes glaciares de los polos que dan cuenta de más del 90% de la criósfera. El papel de la criósfera en la regulación del clima global es esencial, tiene incidencia en factores como la estabilidad de la temperatura mundial, en el estado de las corrientes oceánicas, en la humedad atmosférica (que incide en cantidad de precipitación, formación de nubes y otros asuntos), además de ser el principal "albedo" del planeta.[224] Ante el reciente cambio climático antropogénico la criósfera entera del planeta se encuentra amenazada, fuera del balance al que la humanidad se ha acostumbrado durante milenios[225], al grado en que algunas proyecciones esperan que el océano Ártico sea por completo navegable durante el verano a partir de una fecha tan reciente como la década del 2030 (aunque la mayoría de las proyecciones hablan de 2040 ó 2050).[226] Sobre todo en el Hemisferio Norte (donde la mayor parte de las investigaciones parecen centrarse) la tendencia de las últimas décadas ha sido un aumento constante de temperatura y deshielos estacionales más extensos y prolongados:

---

[224] El "albedo" es el porcentaje de radiación solar que una superficie refleja, entre más clara la superficie mayor albedo, por ello las cubiertas de nieve y hielo son un importante factor en la regulación del clima del planeta, ya que por su blancura reflejan un buen porcentaje de la radiación que entra a la tierra de vuelta al espacio bajando la temperatura promedio del planeta (la nieve reciente refleja un 86% de la luz solar mientras que un bosque en promedio sólo un 8%). De ahí que existan locos proyectos de regulación climática como aquél que proponía cubrir Groenlandia con mantas blancas ante el inminente deshielo del Ártico. Véase: Salter, Jessica, "Wrapping Greenland in reflective blankets", *The Telegraph*, 18 de febrero de 2009, en: https://www.telegraph.co.uk/news/earth/environment/climatechange/4689667/Wrapping-Greenland-in-reflective-blankets.html [consultado el 13 de junio de 2018]

[225] «Paleo-reconstrucciones árticas, que se extienden millones de años al pasado, indican que la magnitud y ritmo de la declinación del hielo del mar y calentamiento de la superficie del océano del siglo 21 no tiene precedente en al menos los últimos 1,500 años y seguramente mucho más tiempo». J. Richter-Menge, J. E. Overland, J. T. Mathis, and E. Osborne, Eds., 2017: Arctic Report Card 2017, p. 3. En: http://www.arctic.noaa.gov/Report-Card [consultado el 21 de abril de 2018. Traducción propia]

[226] «Wang y Overland (2012) determinaron un modelo de consenso para un verano Ártico casi libre de hielo para los 2030s, utilizando un subconjunto de modelos que mejor representaban el régimen observado de hielo de mar y tendencias históricas». AMAP, 2018. *Adaptation Actions for a Changing Arctic: Perspectives from the Baffin Bay/Davis Strait Region.* Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, p. 62. [Traducción propia]

> […] observaciones en 2017 continúan indicando que el sistema ambiental del Ártico ha alcanzado un 'nuevo normal', caracterizado por pérdidas de largo plazo en la extensión y grosor de la cubierta de hielo del mar, la extensión y duración de la cubierta de nieve y la masa de hielo de la Cubierta de Hielo de Groenlandia y glaciares Árticos, y superficie del mar y temperatura del permafrost elevándose.[227]

Y aunque por un tiempo se pensó que el Antártico (en el polo sur) era inmune al cambio climático, estudios recientes demuestran que (aunque a un menor ritmo que el Ártico) también su pérdida anual de volumen de agua congelada durante el invierno[228] va a la alza y va a ser un importante factor a considerar en el aumento del nivel del mar en las próximas décadas. Al parecer, parte de la confusión era que imágenes de satélite no mostraban reducción en cobertura de hielo porque el detalle está en que el derretimiento se está dando bajo el agua, es decir, el grosor de la capa de hielo se reduce año con año por lo que la pérdida *neta* de *volumen* de hielo es constante.[229] Un estudio basado en información de la NASA publicado en 2018 confirma esta misma tendencia al asegurar que «la Cubierta de Hielo del Antártico Occidental está experimentando altas tasas de pérdida de masa y muestra patrones distintivos de caída en elevación que apuntan a un desbalance dinámico»[230], el cual apunta a una tendencia de largo plazo que posiblemente lleve varias décadas en curso, de acuerdo a los autores de este estudio.

Hay múltiples razones para que el Ártico y el Antártico se comporten de maneras tan distintas, pero tal vez la más obvia sea que el Ártico es casi por completo un océano y es por

---

[227] J. Richter-Menge, J. E. Overland, J. T. Mathis, and E. Osborne, Eds., 2017: Arctic Report Card 2017, p. 1. En: http://www.arctic.noaa.gov/Report-Card [consultado el 21 de abril de 2018. Traducción propia]

[228] Es importante aclarar que la extensión y volumen de los elementos que componen la criósfera son estacionales, es lógico que durante el verano exista cierto deshielo y durante el invierno se recupere lo perdido, por eso los datos sobre pérdida de extensión y volumen de glaciares se refieren a comparaciones de un año a otro durante un mismo mes de referencia (o utilizando un promedio anual), de otra manera las comparaciones no serían viables.

[229] Cfr. Konrad, Hannes; Shepherd, Andrew; Gilbert, Lin; Hogg, Anna E.; McMillan, Malcolm; Muir, Alan; Slater, Thomas, "Net retreat of Antarctic glacier grounding lines", en: *Nature Geoscience* 11 (2018), pp. 258-262.

[230] Gardner, Alex S. et al., "Increased West Antarctic and unchanged East Antarctic ice discharge over the last 7 years", en: *The Cryosphere*, 12, 2018, p. 521. Disponible en línea: https://www.the-cryosphere.net/12/521/2018/tc-12-521-2018.pdf [consultado el 13 de junio de 2018. Traducción propia]

ello más susceptible a incrementos de temperatura,[231] mientras que el Antártico es básicamente tierra cubierta de hielo. Así, uno de los argumentos de quienes se dedican a negar el cambio climático quedó inutilizable, el Antártico se deshiela. Parte de la incredulidad ha sido que el nivel de nieve acumulada durante el invierno se ha incrementado, pero paradójicamente la explicación de este fenómeno se hace desde el reconocimiento del calentamiento global: a mayor temperatura mayor humedad atmosférica, y a mayor humedad atmosférica mayor es la precipitación. Este fenómeno puede ser observado también en el Hemisferio Norte, donde es claro que a pesar de la creciente caída de nieve el deshielo neto se mantiene:

> Como con la Cubierta de Hielo de Groenlandia, las indicaciones son que las tendencias actualmente observables de pérdidas masivas de glaciares del AAC [Archipiélago del Ártico Canadiense] continuarán en el futuro, ya que la incrementada escorrentía de agua derretida no es suficientemente compensada por la creciente caída de nieve.[232]

Glaciares

Pero no sólo se trata del daño a las capas de hielo que cubren los polos, existen glaciares distribuidos por otras partes del mundo que brindan un importante servicio ecosistémico, además de ser el origen del suministro de importantes cantidades de agua dulce a millones de personas, por lo que «el monitoreo de estos glaciares es entonces bastante crucial, no sólo para entender el cambio climático y su impacto en regímenes de flujo en regiones montañosas, pero también para salvaguardar el bienestar de aquéllos que viven río abajo de estos glaciares y dependen de esta agua para su sustento».[233] De acuerdo al *World Glacier*

[231] «Las temperaturas de aire del Ártico continúan incrementántose al doble de la tasa de incremento global de temperatura. La anomalía de temperatura anual promedio de aire en superficie (+2.0 °C relativo a la línea base de 1981-2010) […] entre octubre de 2015 y septiembre de 2016 fue por mucho la más alta en el registro observado que empezó en 1900. Esto representa un incremento de 3.5 °C desde el inicio del siglo 20». J. Richter-Menge, J. E. Overland, and J. T. Mathis, Eds., 2016: Arctic Report Card 2016, p. 6. En: http://www.arctic.noaa.gov/Report-Card [consultado el 21 de abril de 2018. Traducción propia]

[232] AMAP, 2018. *Adaptation Actions for a Changing Arctic: Perspectives from the Baffin Bay/Davis Strait Region.* Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, p. 55. [Traducción propia]

[233] WGMS, 2017. *Global Glacier Change Bulletin No. 2 (2014–2015)*. Zemp, M., Nussbaumer, S. U., GärtnerRoer, I., Huber, J., Machguth, H., Paul, F., and Hoelzle, M. (eds.), ICSU(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/ UNESCO/WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, p. 8. [Traducción propia]

Monitoring Service, con datos hasta 2017, hay una tendencia global de pérdida de hielo constante en glaciares, por lo que al menos de 1980 a 2017 se ha registrado una pérdida acumulada promedio en el grosor de los glaciares de casi 20 metros equivalentes de agua (*m. w. e.*, que es una unidad de medida), lo cual corrobora lo dicho por el IPCC en su último reporte donde aseguran con datos de "alta confianza" que los glaciares han continuado decreciendo a nivel mundial.

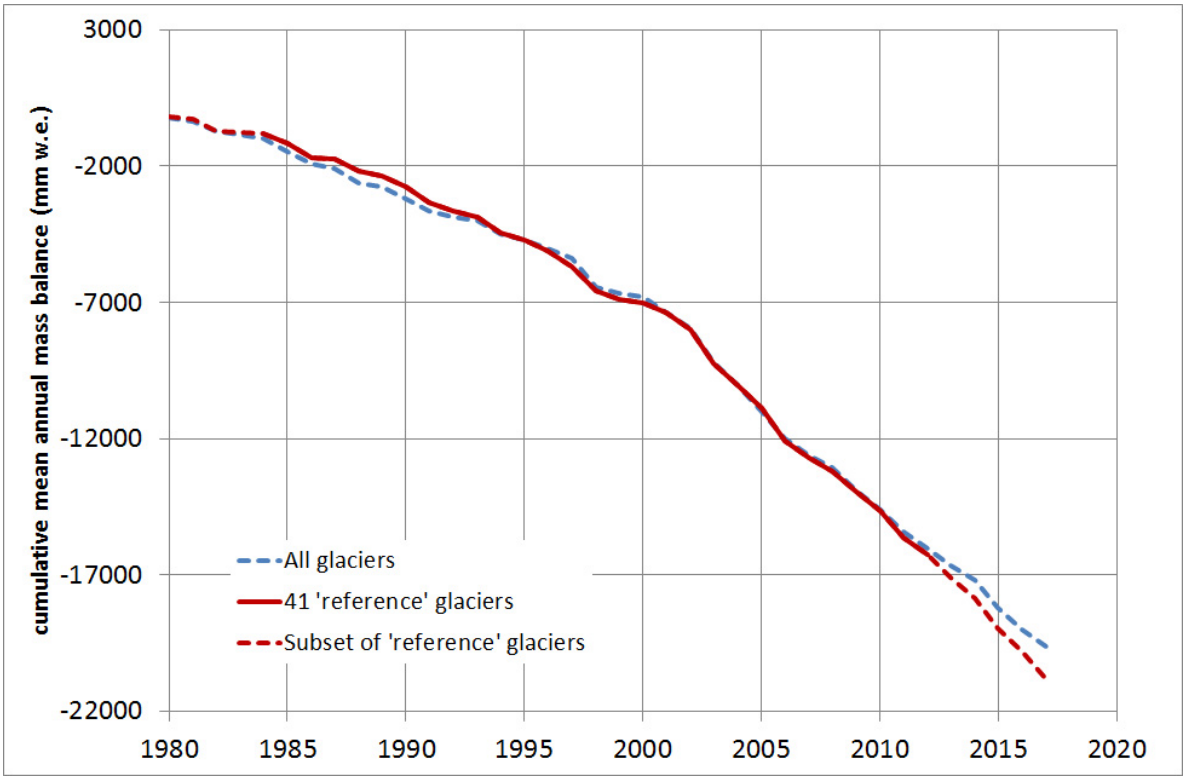

Fig. 8. Balance de masa acumulada promedio de todos los glaciares reportados (línea azul) y glaciares de referencia (línea roja).[234]

Permafrost

Otra importante parte de la criósfera que bien podría entrar dentro del análisis de suelos es lo que se conoce como "permafrost", nombre que parece no querer encontrar traducción al castellano en los artículos especializados y que bien podría pasar por ser el nombre de una banda de Black Metal noruego. El permafrost son básicamente suelos que se mantienen

[234] World Glacier Monitoring Service, "Latest glacier mass balance data", en: https://wgms.ch/latest-glacier-mass-balance-data/ [consultado el 13 de junio de 2018]

congelados todo el año (aunque no siempre cubiertos de nieve o hielo) que se encuentran en regiones glaciares o muy frías como las tundras, durante cientos de miles de años el permafrost ha acumulado miles de millones de toneladas de materia orgánica que se mantiene congelada bajo tierra, pero ante el inminente deshielo de estos suelos el peligro de que se liberen importantes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera es algo que hay que tener muy en cuenta.

> Temperaturas del aire incrementándose en el Ártico están causando que suelo normalmente congelado (permafrost) se deshiele. El permafrost es rico en carbono y, cuando se deshiela, es una fuente de gases de efecto invernadero y metano. Los suelos de la zona norte de permafrost contienen 1330-1580 miles de millones [*billions* en inglés] de toneladas de carbono orgánico, alrededor del doble de lo que actualmente se contiene en la atmósfera. Los ecosistemas de tundra están absorbiendo considerablemente más carbono durante la temporada de crecimiento a lo largo de las últimas décadas, pero esto ha sido contrarrestado por una creciente pérdida de carbono durante el invierno. En general, la tundra parece estar liberando carbono neto a la atmósfera.[235]

Y la cantidad de carbono orgánico encerrada en estos suelos no es nada despreciable, se calcula que «el deshielo del permafrost liberará el mismo nivel de carbono que la deforestación si las tasas de deforestación actual continúan. Pero como estas emisiones incluyen cantidades significativas de metano, el efecto general sobre el clima podría ser 2.5 veces más grande».[236] De acuerdo al quinto reporte del IPCC hay una "alta confianza" en que las temperaturas del permafrost se han incrementado desde el principio de la década de los 80 del siglo pasado en la mayor parte del Hemisferio Norte y dado que «el incremento en las temperaturas del permafrost ha ocurrido en respuesta al incremento en temperatura de la superficie y la cambiante cubierta de nieve»[237], es de esperarse que el ritmo del deshielo del permafrost se acelere en los años por venir, por el simple y sencillo hecho de que desde hace algunas décadas la tendencia creciente del calentamiento global es indetenible.

---

[235] J. Richter-Menge, J. E. Overland, and J. T. Mathis, Eds., 2016: Arctic Report Card 2016, p. 7. En: http://www.arctic.noaa.gov/Report-Card [consultado el 21 de abril de 2018. Traducción propia]
[236] Schuur, Edward A. G. y Abbott, Benjamin, "High risk of permafrost thaw", en: *Nature*, Vol. 480, Diciembre 2011, p. 32.
[237] IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, p. 42.

Incremento del nivel del mar

Ante todo este deshielo una de las principales preocupaciones es el incremento del nivel del mar, ya que según el IPCC «en el periodo de 1901-2010, el promedio global del nivel del mar subió 0.19 [0.17 a 0.21] m […] La tasa del aumento del nivel del mar desde mediados del siglo XIX ha sido más grande que la tasa promedio durante los dos milenios anteriores (*alta confianza*)».[238] Por supuesto que este incremento depende del incremento de la temperatura media global y aunque existen muchas proyecciones sobre la tendencia de este aumento de temperatura, donde las más optimistas asumen que se cumplirá la meta de mantener el incremento de la temperatura media global por debajo de los 2ºC con respecto a niveles preindustriales que se acordó en 2015 en la firma de los Acuerdos de París, el promedio de la mayoría de las proyecciones hacia 2100 es de un aumento de 3.2ºC (con algunas tan salvajes que consideran un escenario de más de 6ºC).[239] Ante un escenario de *business as usua*l las negociaciones de la ONU de próximos años tendrán que empezar a considerar el escenario de 3ºC e incluso mucho más, en el cual muchas de las ciudades costeras (que suelen ser las de mayor dinamismo económico y mayor concentración de población como veremos en el capítulo 4) verán grandes partes de su territorio bajo el agua. Un estudio de *Climate Central* calcula que:

> […] las emisiones de carbono que causen un calentamiento de 4ºC podrían establecer una mediana de 8.9 m de incremento global de nivel del mar a largo plazo, suficiente para sumergir tierra habitada (en 2010) por 627 millones de personas globalmente. Recortes de carbono que resulten en la meta internacional propuesta de calentamiento de 2ºC podrían reducir estos números a medianas de 4.7 m en incremento de nivel del mar y 280 millones de personas.[240]

Ciudades como Shanghai, Osaka, Hong Kong, Río de Janeiro, Miami, La Haya y muchas otras verían una considerable parte de su territorio afectado. Además habría que tener

[238] Ibídem.
[239] Cfr. Holder, Josh; Kommenda, Niko; Watts, Jonathan, "The three-degree world: the cities that will be drowned by global warming", *The Guardian*, 3 de noviembre de 2017, en: https://www.theguardian.com/cities/ng-interactive/2017/nov/03/three-degree-world-cities-drowned-global-warming?CMP=fb_gu [consultado el 14 de junio de 2018]
[240] Strauss, B. H., Kulp, S. y Levermann, A., *Mapping Choices: Carbon, Climate, and Rising Seas, Our Global Legacy*, Climate Central Research Report, 2015, p. 10. [Traducción propia]

en cuenta que aunado al incremento del nivel del mar fenómenos atmosféricos provocados por varias variables como el incremento en humedad (huracanes, ciclones, súper tormentas y demás calamidades bíblicas) impactarán con mayor furia sobre estas zonas, una tendencia que ya es bastante visible en la actualidad.

2.5. BIÓSFERA

Especies

A finales de 2018, mientras redactaba este capítulo, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) publicó un reporte que confirma mucho de lo que ya muchos científicos han pregonado y de lo que se ha dicho hasta este punto de la tesis, a saber: la escala de la destrucción de la naturaleza derivada de la actividad humana no ha hecho sino incrementarse al grado en que de 1970 a 2014 la cantidad de animales vertebrados (mamíferos, aves, peces y reptiles) se habría reducido alrededor de un 60%:

> El *Living Planet Index* también rastrea el estado de la biodiversidad global al medir la abundancia poblacional de miles de especies de vertebrados alrededor del mundo. El último índice muestra una reducción del 60% en los tamaños de poblaciones entre 1970 y 2014. Las reducciones de poblaciones de especies son especialmente pronunciadas en los trópicos, con Sur y Centro América sufriendo la reducción más dramática, una pérdida del 89% comparado a 1970. Las números de las especies de agua dulce también se han reducido dramáticamente, con el Índice de Agua Dulce mostrando una reducción del 83% desde 1970. [241]

Pero no sólo es la reducción en la *abundancia* de cada especie, según el mismo reporte otros indicadores pintan el mismo cuadro: cada vez más especies en peligro de extinción, cada vez hay más especies extintas así sin más, cada vez más cambios en la composición y distribución de poblaciones. Según un estudio publicado en 2016 que retoma información de 8,688 especies que aparecen en alguna categoría de amenaza de la lista roja de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por sus siglas en inglés) la mayor parte del daño proviene de la sobreexplotación de estas especies o de la actividad agrícola, hasta el momento sólo el 19% de las especies consideradas se encuentran en peligro debido

[241] WWF. 2018. *Living Planet Report - 2018: Aiming Higher*. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland, p. 7.

específicamente al cambio climático antropogénico pero es de esperarse que esta proporción continúe creciendo conforme se agudiza el problema:

> De todas las especies de plantas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos que se han extinguido desde el 1500 d.C., el 75% fue dañado por la sobreexplotación o la actividad agrícola o ambas (frecuentemente en combinación con la introducción de especies invasivas no endémicas). El cambio climático se convertirá en un problema crecientemente dominante en la crisis de la biodiversidad.[242]

Cualquiera que sea el caso, ya sea por cambio climático o por sobreexplotación y cambios en uso de la tierra, la causa es atribuible al factor humano. En el mismo tenor, un estudio publicado a inicios de 2019 que tiene la particular relevancia de condensar la información de 73 reportes de todo el orbe sobre la caída en la población de especies de insectos revela «dramáticas tasas de decrecimiento que podrían llevar a la extinción del 40% de las especies de insectos del mundo a lo largo de las próximas décadas», y al analizar las causas de dicho fenómeno enumeran lo siguiente:

> Los principales causantes del decrecimiento de especies parecen ser en orden de importancia: i) pérdida de hábitat y conversión a agricultura intensiva y urbanización; ii) contaminación, principalmente aquélla causada por pesticidas sintéticos y fertilizantes; iii) factores biológicos, incluyendo patógenos y especies introducidas; y iv) cambio climático.[243]

Como vemos hasta el momento el consenso respecto a la pérdida de biodiversidad parece ubicar en último término al cambio climático (aunque irá ganando relevancia de continuar las tendencias actuales) y en todos los casos el principal culpable es el patrón productivo basado en la sobreproducción y los índices crecientes de consumo de la población mundial (lo cual veremos con más detalle en el próximo apartado). Y la tendencia no parece ir cambiando, utilizando proyecciones hacia 2050 con datos de cambio de uso de suelo y cambio climático compilados desde 1970 un reciente reporte sugiere que «bajo un escenario de *Business-as-usual* (BAU), la abundancia geométrica promedio de población decrece alrededor de 18-35% mientras que el riesgo de extinción se incrementa para el 8-23% de las

[242] Maxwell, Sean et al., "The ravages of guns, nets and bulldozers", en: *Nature*, 11 de agosto de 2016, Vol. 536, p. 143.
[243] Sánchez-Bayo, Francisco y Kris A. G. Wyckhuys, "Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers", en: *Biological Conservation*, Volume 232, April 2019, pp. 8-27.

especies, dependiendo de supuestos sobre la respuesta de especies al cambio climático. BAU entonces fallará el objetivo 12 de la Convención sobre Diversidad Biológica sobre mejorar el estatus de conservación de especies amenazadas conocidas».[244] Un estudio más, que utiliza la impresionante base de datos del proyecto PREDICTS[245], afirma que las «líneas de tendencias históricas muestran que la mayoría de las pérdidas en biodiversidad local son relativamente recientes, con el 75% de todas las pérdidas tanto en el *Biodiversity Intactness Index* basado en abundancia como en la riqueza de especies ocurrieron post-1800», y además genera cinco escenarios a futuro utilizando variaciones en indicadores socioeconómicos, en cuatro de los cinco escenarios proyectados las pérdidas de biodiversidad son considerables hacia 2100, sólo en uno de ellos (que implica grandes cambios en patrones de consumo) se proyecta que la biodiversidad se recuperará 'algo'.[246]

Así, esto se suma a los múltiples relatos del *business-as-usual* que hemos abordado hasta este punto de la investigación y todos parecen contar la misma historia desde diferentes aristas. El IPBES (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*), algo así como el IPCC pero para biodiversidad, publicó en mayo de 2019 el avance de un reporte que evalúa el estado de la biodiversidad planetaria compilado por 145 expertos de 50 países con datos que evalúan las últimas cinco décadas utilizando alrededor de 15,000 fuentes de bases de datos científicas y gubernamentales de todo el orbe; los resultados dan cuenta del mismo fenómeno. Tal vez la conclusión más relevante del reporte sea que alrededor de un millón de especies de plantas y animales están al borde de la extinción (muchas en cuestión de décadas), tomando en consideración que se estima que el número total de especies es de alrededor de 8 millones la proporción no es nada despreciable.[247]

---

[244] Visconti, Piero et al., "Projecting Global Biodiversity Indicators under Future Development Scenarios", en: *Conservation Letters. A Journal of the Society for Conservation Biology*, January/February 2016, 9 (1), p. 5.

[245] Projecting Responses of Ecological diversity In Changing Terrestrial Systems (PREDICTS), es una base de datos con registros del impacto humano en especies de todo el planeta. Véase: https://www.predicts.org.uk/

[246] Hill, Samantha L.L. et al, "Worldwide impacts of past and projected future land-use change on local species richness and the Biodiversity Intactness Index", en: *bioRxiv. The preprint server for biology*, Mayo 2018. DOI: https://doi.org/10.1101/311787

[247] Cfr. IPBES, *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Advance unedited versión, 6 Mayo 2019.

Ecosistemas

Ya vimos en las partes dedicadas al estudio de la Criósfera y la Hidrósfera la apabullante transformación de los ecosistemas polares y oceánicos derivada de la actividad humana, pero cambios igual de bruscos han estado sucediendo en la totalidad de los ecosistemas del planeta, desde las glaciales tundras hasta los sofocantes desiertos pasando por la inmensa cantidad de variedades de bosques y selvas. Iniciamos este capítulo dedicando una buena parte a distintos elementos de lo que se entiende por "cambio climático", sobre todo al hablar de los cambios atmosféricos, sin embargo, al momento la principal causa de la pérdida de ecosistemas terrestres en regiones cálidas y de la fauna que en ellos habita no son las alteraciones climáticas sino cambios en el uso de suelo directamente relacionados con los patrones productivos modernos. Así, somos testigos del paradigmático caso de la selva amazónica, sobre la cual se ha establecido que «puede tener dos "puntos de inflexión", a saber, incrementos de temperatura de 4°C o una deforestación que exceda el 40% del área de selva. Si esto se transgrede, puede ocurrir una "sabanización" de gran escala principalmente en el Amazonas del sur y del este.».[248] Lo anterior demuestra que la amenaza es por partida doble, cambio climático y cambios en el uso de suelo, pero dadas las tendencias actuales parecería que el asesino que va a la cabeza de la carrera son los cambios en el uso de suelo (que pueden redundar en incrementos de temperatura).

De acuerdo al Foro Mundial para la Naturaleza «sólo un cuarto de la tierra en el planeta está sustancialmente libre de los impactos de la actividad humana. Esto se proyecta que decline a sólo un décimo para 2050».[249] Estos son fenómenos exacerbados por los patrones de producción-consumo, así, de acuerdo al último reporte del IPBES una tercera parte de la tierra y un 75% de los recursos de agua dulce son destinados a la agricultura o a la producción ganadera, sin mencionar el daño que otras crecientes actividades industriales, como la minería, generan sobre la condición de los ecosistemas.

---

[248] Nobre, Carlos A., Gilvan Sampaio, Laura S. Borma, Juan Carlos Castilla-Rubio, José S. Silva, y Manoel Cardoso, "Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm", en: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, September 2016, Vol. 113, No. 39, p. 10,759.

[249] WWF. 2018. *Living Planet Report - 2018: Aiming Higher*. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland, p. 6.

> Aproximadamente 25 porciento de los gases de efecto invernadero del mundo provienen de la deforestación, la producción agrícola y la fertilización, con la comida de base animal contribuyendo un 75 porciento de eso […] entre 1990 y 2015 la deforestación para agricultura y la recolección de madera contribuyeron a una reducción total de 290 millones de hectáreas de cubierta de bosques nativos, mientras que el área de bosques plantados creció 110 millones de hectáreas […] Toda la minería en tierra se ha incrementado dramáticamente y, aunque todavía utiliza menos del 1 porciento de la superficie de suelo de la Tierra, ha tenido significativos impactos negativos sobre la biodiversidad, las emisiones de contaminantes altamente tóxicos, la calidad y distribución de agua, y la salud humana.[250]

Así pues, 75% de la superficie terrestre está 'significativamente' alterada (al grado en que el área total de bosques en la actualidad es sólo el 68% del total de la era preindustrial), pero también los ecosistemas acuáticos son presa del mismo fenómeno, ya que «66 porciento del área oceánica está experimentando impactos acumulativos crecientes, y más del 85 porciento de los humedales (área) se han perdido».[251] Un artículo de 2014 que compila información de 7,083 especies intenta pintar un panorama global sobre el riesgo al que se enfrentan las especies de agua dulce y revela que «el riesgo de extinción para especies de agua dulce fue consistentemente más alto que para sus contrapartes terrestres»[252], lo cual da cuenta de la particular fragilidad de estos ecosistemas, basta con recordar que desde 1870 más de la mitad de la cubierta de coral vivo se ha perdido y el fenómeno se ha ido agravando exponencialmente en años recientes:

> Regresar los arrecifes a configuraciones pasadas no es ya una opción. En cambio, el desafío global es llevar a los arrecifes a través de la era del Antropoceno de una manera que mantenga sus funciones biológicas. Una navegación exitosa de esta transición requerirá cambios radicales en la ciencia, manejo y gobernanza de los arrecifes de coral.[253]

---

[250] IPBES, *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Advance unedited versión, 6 Mayo 2019, p. 16.
[251] IPBES, *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Advance unedited versión, 6 Mayo 2019, p. 3.
[252] Collen, Ben et al., "Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism", en: *Global Ecology and Biogeography*, (2014) 23, p. 40.
[253] Hughes, Terry P.; Barnes, Michele L.; Bellwood, David R.; Cinner, Joshua E.; et al., "Coral reefs in the Anthropocene", en: *Nature*, Vol. 546, 1 de junio de 2017, p. 82.

En consonancia con lo ya dicho por muchos otros estudios el último reporte sobre el estado del ecosistema presentado por IPBES asegura que de continuar las tendencias actuales (aún cuando reconocen esfuerzos para mejorar el estado del ecosistema) no se logrará cumplir con los Acuerdos de París, ni con las metas de Aichi ni con la Agenda 2030. El reporte presenta algunas propuestas sobre cómo cumplir con todos estos objetivos de desarrollo sustentable que en general se resumen en los siguientes puntos: 1) dar calidad de vida sin incrementar el consumo material; 2) reducir consumo total y generación de desechos; 3) extender "valores de responsabilidad"; 4) reducir las desigualdades económicas y de género que obstaculizan los enfoques de sustentabilidad; 5) justicia e inclusión en las decisiones de conservación; 6) dar cuenta del deterioro ambiental ligado a la actividad económica y el comercio mundial; 7) tecnología, innovación e inversión; 8) educación y generar y compartir conocimiento.[254]

Como puede verse todos los puntos mencionados son, en nuestra perspectiva, incompatibles con la manera en que ha funcionado el sistema capitalista desde sus inicios, y mucha de la discusión del reporte se centra en hacer más leyes y más acuerdos a pesar de que reconocen que en los hechos no han servido más que para decir que se está haciendo algo. Tal vez quienes redactan el reporte en el fondo saben de la práctica imposibilidad de cumplir estos objetivos en el marco de un modo de producción basado en ganancias ya que en un breve párrafo aseguran que «una parte clave de los caminos sustentables es la evolución de los sistemas globales financieros y económicos para construir una economía sustentable, desviándonos del actual limitado paradigma de crecimiento económico»[255]; lo cual nos manda de vuelta a una de las preguntas centrales del trabajo: ¿puede el capitalismo existir sin crecimiento, es decir, sin acumulación de capital?

[254] Cfr. IPBES, *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Advance unedited versión, 6 Mayo 2019.
[255] IPBES, *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Advance unedited versión, 6 Mayo 2019, p. 9.

2.6. LITÓSFERA.

2.6.1. Breve caracterización del *imperialismo extractivo*.

El capitalismo ha podido extenderse tan eficientemente por el planeta debido a que durante por lo menos tres siglos siempre hubo nuevos espacios por colonizar, siempre había esferas que escapaban en buena parte a la lógica de acumulación del capital, pero conforme el capitalismo necesita crecer más y más para mantener la tasa de ganancia constante la rapidez con la que se apropia de espacios antes no explotados comienza a ser exponencial, por ello es que autores como Henry Veltmeyer y James Petras plantean una nueva caracterización del *imperialismo del siglo XXI* como eminentemente extractivo. Así, ‹‹la diferencia específica entre el imperialismo del siglo XX y el imperialismo actual es la dinámica globalizadora del capital a través de sus distintas inversiones a gran escala y operaciones extractivas››.[256] Esta caracterización de *capitalismo extractivo* (siempre lo ha sido pero según este argumento ahora se vuelve un rasgo exacerbado) nos habla de una relación íntima con los procesos naturales y el medio ambiente. Ya Marx nos había hablado de los procesos de *acumulación originaria* y David Harvey retomó el argumento para caracterizar los procesos de despojo propios de finales del siglo XX como *acumulación por desposesión*[257], pero al parecer ahora en un contexto donde la tierra por primera vez en la historia comienza a ser un factor escaso tenemos que redimensionar estos conceptos:

> No obstante, en la situación actual, la acumulación por desposesión está tomando la forma de acaparamiento de tierras (según el léxico del Banco Mundial, inversiones extranjeras a gran escala para la adquisición de tierras), de cercamiento de lo que queda de los bienes

[256] Veltmeyer, Henry y Petras, James, *El neoextractivismo. ¿Un modelo posneoliberal de desarrollo o el imperialismo del Siglo XXI?*, Crítica, México, 2015, p. 25.

[257] «Dado que denominar “primitivo” u “originario” a un proceso en curso parece desacertado, en adelante voy a sustituir estos términos por el concepto de “acumulación por desposesión” […] Una mirada más atenta a la descripción que hace Marx de la acumulación originaria revela un rango amplio de procesos. Estos incluyen la mercantilización y privatización de la tierra y la expulsión forzosa de las poblaciones campesinas; la conversión de diversas formas de derechos de propiedad -común, colectiva, estatal, etc.- en derechos de propiedad exclusivos; la supresión del derecho a los bienes comunes; la transformación de la fuerza de trabajo en mercancía y la supresión de formas de producción y consumo alternativas; los procesos coloniales, neocoloniales e imperiales de apropiación de activos, incluyendo los recursos naturales; la monetización de los intercambios y la recaudación de impuestos, particularmente de la tierra; el tráfico de esclavos; y la usura, la deuda pública y, finalmente, el sistema de crédito». Harvey, David, “El “nuevo” imperialismo: acumulación por desposesión”. En: *Socialist Register* 2004 (enero 2005), CLACSO, Buenos Aires.

> comunales globales, de privatización y mercantilización de la tierra y el agua, de extracción y saqueo de recursos naturales disponibles, y -debido a las operaciones del capital extractivo- de degradación de los hábitats y ecosistemas de los cuales dependen las comunidades afectadas para su sustento y forma de vida.[258]

El problema es la escala, nos dicen, ya que el capitalismo funciona con economías de escala y a través de sistemas de competencia enfocados en la rentabilidad, la producción se enfoca en la generación de productos de bajo costo, lo que obviamente reduce el margen de ganancia de cada producto individual por lo que se vuelve necesaria una producción de proporciones colosales para compensar con "masa" bruta de ganancias el descenso en la "tasa" de ganancia. Esto empuja constantemente a los capitalistas a una producción constantemente mayor (de ahí que se hable de crisis de sobreproducción), y de manera lógica a búsqueda de mayores *espacios* de producción por lo que la pelea por tierras y recursos entre pandillas capitalistas se vuelve intensísima. De aquí surge lo que en años recientes se ha dado por llamar "land grabbing" o acaparamiento de tierras:

> El argumento central es que cuando una economía política estructuralista se utiliza para interpretar el fenómeno de acaparamiento de tierras, se vuelve analíticamente claro que los acuerdos contemporáneos de tierras demuestran que la desposesión por desplazamiento, o lo que ha sido históricamente conocido como la "así llamada acumulación originaria", ha sido resucitado como una estrategia de acumulación del capitalismo global que atiende, por primera vez en décadas, a los *límites del mercado*. Es una estrategia de acumulación que no puede, sin embargo, otorgar justicia alimentaria o lidiar con la emergencia climática.[259]

En general cuando se habla de capitalismo extractivo y acaparamiento de tierras suele asociársele con actividad minera, que es sin duda una de las actividades más destructivas (en términos de daño ambiental) que puedan existir, cuya escala de producción puede explicarse por las increíbles tasas de ganancia que genera, ‹‹de acuerdo con Eduardo Gudynas, secretario Ejecutivo del Centro Latino Americano de Ecología Social, la minería es el sector

[258] Ibid., pp. 20-21.
[259] Akram-Lodhi, A. Haroon, *Land grabs, the agrarian question and the corporate food regime*, en: Canadian Food Studies, Vol. 2, No. 2, September 2015, p. 233. (cursivas nuestras, traducción propia).

con el porcentaje más alto de ganancias en el mundo, con un 37%››.[260] Por ejemplo, en México, más de la cuarta parte del territorio nacional se encuentra concesionado a mineras (transnacionales en su mayoría)[261], pero cabe aclarar que la rentabilidad del sector no es debido a la tradicional explotación de plusvalía al trabajador, sino a una descarada *renta de la tierra* que genera *ganancias extraordinarias* a los acaparadores que no pagan prácticamente nada por el uso de la tierra y no son conocidos por ser amigables con el ecosistema, simplemente devastan, extraen, venden y a moverse a tierras vírgenes. El problema de este escenario para el capitalismo es que el crecimiento exponencial de la extracción de recursos no parece sustentable en el ya no tan largo plazo, todos los principales recursos de los que dependen las industrias modernas están alcanzando "picos" de producción, por lo que antes de que acabe este siglo obtener recursos será o considerablemente más costoso para los capitales o sencillamente imposible:

> El cenit del petróleo ya comenzó en 2005, cuando se alcanzó el techo de extracción del crudo convencional de mejor calidad (según ha reconocido después incluso un organismo tan entregado al productivismo como la Agencia Internacional de la Energía). El cenit del gas natural y el uranio puede alcanzarse antes de 2020, y el del carbón, hacia 2020. Resulta incluso posible que el cenit conjunto de las energías no renovables (que hoy proporcionan las nueve décimas partes de la energía primaria que estamos usando) sea alcanzado en 2018 […] Han calculado también que el "pico" mundial de extracción de metales básicos como el hierro se alcanzará en 2068; el aluminio, en 2057; y el del cobre, nada menos que en 2024.[262]

Pero el concepto "capitalismo extractivo" no se refiere sólo a actividad minera, también puede aplicársele a la pesca industrial, al uso de agua, o al *extractivismo agrario*, el cual también se alimenta del acaparamiento de tierras, fenómeno que ha impactado sobre todo a países en "desarrollo" o "subdesarrollados" que han sido víctimas en las últimas décadas de lo que varios especialistas han dado en llamar "reprimarización" de la economía.

---

[260] Tetrault, Darcy Victor, "México: La ecología política de la minería", en: Veltmeyer, Henry y Petras, James, Op. cit., p. 256.
[261] Veltmeyer, Henry y Petras, James, Op. cit., p. 35.
[262] Riechmann, Jorge, *Autoconstrucción. La transformación cultural que necesitamos*, Catarata, Madrid, 2015, pp. 17-18.

> En los países exportadores de alimentos, actualmente, la tierra es arrendada en masa y depredada en forma de mina con monocultivos por grupos financieros residentes en las ciudades o en el exterior; por otra parte, los sectores que producen para la exportación de soya, granos, biocombustibles, maderas o minerales no tienen el menor interés en el mercado interno y el desarrollo de los países y regiones que explotan, porque, en cambio, les conviene mantener en ellos salarios bajos, una vasta masa de trabajadores "informales" desorganizados e ignorantes y pésimas condiciones de vida para reducir las presiones democratizantes y acrecentar sus ganancias.[263]

En concordancia con lo ya planteado, este extractivismo agrario tiene la necesidad de expansión constante con el objetivo de mantener altos niveles de rentabilidad, lo que significa que la producción no está orientada hacia la satisfacción real de necesidades, ni a una agricultura sustentable, sino simple y llanamente está enfocada a la producción de ganancias.

> Mientras el capitalismo reconfigura los sistemas de granjas para incrementar la producción de los excedentes mercantilizables de comida y cultivos comerciales que son necesarios para mantener bienes de consumo e insumos industriales de bajo precio y así incrementar la rentabilidad del capital, hay una necesidad de incrementar la escala de la producción para cumplir mejor con los requerimientos del mercado […] para la clase media global el régimen corporativo de alimentos mantiene la producción en masa de manufacturas de comida altamente procesada muy duraderas que se apoyan fuertemente en soya, jarabe de maíz de alta fructosa, y sodio, cuyos reducidos márgenes de ganancia significan que volúmenes significativamente altos de producto deben ser desplazados.[264]

La tierra, entonces, es depredada desde varios frentes y la tendencia al acaparamiento de tierras para uso industrial es cada vez mayor, lo cual de manera inevitable tiene importantes consecuencias para el medio ambiente y a la larga tendrá también consecuencias para la rentabilidad del capital. En particular las periferias del sistema capitalista que, como dijimos, se están reprimarizando, se verán afectadas enormemente cuando sus recursos y suelos no sean ya explotables. Incluso los gobiernos de corte "progresista" de izquierda como Venezuela, Bolivia y Ecuador no han podido escapar a esta "trampa de los recursos

[263] Almeyra, Guillermo et al., *Capitalismo: tierra y poder en América Latina (1982-2012)*, Volumen III, UAM-CLACSO, México, 2014, p. 14.
[264] Akram-Lodhi, A. Haroon, Op. cit., pp. 235-236.

naturales", y al depender en tan gran proporción de la economía extractiva se encuentran cavando su propia tumba, ya que ‹‹el uso de tecnología avanzada, la implementación de un régimen regulatorio relacionado con el capital extractivo y la canalización de algunas rentas procedentes de los recursos hacia el bienestar social (reducción de la pobreza) no han cambiado la naturaleza inherentemente depredadora del capitalismo extractivo››.[265]

Y lo que es peor, una vez que los recursos se hayan agotado por completo las economías periféricas tan dependientes de la exportación de materias primas quedarán aún más desprotegidas que las economías centrales, sin embargo, un sistema-mundo con periferias completamente deprimidas a la larga no puede ser bueno para el capitalismo en su conjunto; es importante registrar todos estos cambios y ello será un punto de interés central en el proyecto a realizar. Tal vez a manera de enunciación de preguntas de investigación podamos retomar el programa de trabajo de Akram-Lodhi:

> ¿Son las mega granjas agrícolas industrializadas intensivas en capital una forma agraria capaz de alimentar al mundo en 2050? Más investigación que aborde las siguientes preguntas es necesaria: ¿Qué tan extensa es la adquisición corporativa de tierra agrícola de gran escala, nacionalmente, regionalmente y globalmente? ¿Hasta qué punto la adquisición corporativa de tierra agrícola de gran escala resulta en la creación de granjas "extractivistas" que tratan a la producción de comida como sólo otra mercancía, como petróleo y oro, para ser extraída de la tierra hasta que la tierra esté exhausta, con implicaciones para la biodiversidad y la sustentabilidad?[266]

Ahora bien, si queremos realizar un verdadero análisis de sistema-mundo a la manera de Wallerstein, es decir, que comprenda un análisis diferenciado por zonas geopolíticas y geoeconómicas, debemos abordar la manera en que el crecimiento económico se ha dado en distintas latitudes. Ya conocemos la vieja fórmula de centros y periferias y sabemos quiénes se especializan en producir materias primas y todo eso, pero también conviene saber con qué tipo de recursos cuenta cada economía y qué países se aprovechan de ellos, ya que de eso es de lo que depende el futuro ambiental y socioeconómico de cada población y en gran medida la supremacía geopolítica de varias naciones. Por ejemplo, ante el constante desarrollo de nuevas tecnologías impulsado por la feroz competencia entre naciones en el mercado mundial

[265] Veltmeyer, Henry y Petras, Op. cit., p. 29.
[266] Akram-Lodhi, A. Haroon, Op. cit., p. 238.

se ha encontrado utilidad industrial para recursos antes inútiles que en poco tiempo han sido sobreexplotados y ya se encuentran al borde del agotamiento. Este fenómeno ha significado una aún más feroz pelea entre potencias para el control de los recursos estratégicos, los cuales muchas veces resulta que no se encuentran al interior de las fronteras de los países metropolitanos por lo que la guerra económica se traslada a suelos antes no contemplados por los grandes capitales, todo lo cual genera de nuevo todo un proceso de acumulación originaria, o de acumulación por desposesión, y nuevos tratados comerciales, y devastación de tierras, etecé etecé.

> Cabe agregar que las computadoras contienen metales muy especiales. No se dice mucho al respecto. También los celulares existen gracias a un producto llamado coltan que sólo existe en Congo y cuya obtención genera masacres. Las compañías internacionales, como Nokia, hacen que las distintas tribus africanas se masacren entre sí para controlar el coltan. Si ustedes ven bien su teléfono hay sangre congolesa escurriendo de él […] Estos aparatos contienen metales muy escasos que en algunos años, 50 cuando mucho, ya no van a existir. Pero en vez de reciclar, en Nigeria, lo entierran, contamina los mantos freáticos y hace que los niños mueran de cáncer. Este sistema nos lleva directo a la catástrofe.[267]

Así, la exploración del colapso ambiental y del agotamiento de recursos, y de qué es con lo que cada nación cuenta puede darnos luz sobre las tendencias de la economía-mundo en las décadas por venir, y puede permitirnos anticipar quiénes serán los ganadores y los perdedores en esta batalla mundial por lo que nos queda de planeta. La disponibilidad de recursos en control de ciertos capitales nacionales o ciertos bloques geopolíticos y la rapidez con que se consumen o se sustituyen por nuevos elementos puede ser de gran utilidad para un análisis de sistemas-mundo.

> Algunos elementos están concentrados en sólo unos lugares, y el acceso puede estar restringido por conflictos y/o barreras comerciales. Por ejemplo, la República Demócratica del Congo es rica en minerales, pero los vínculos a abusos de derechos humanos ha llevado a campañas para evitar esos minerales. Desde una perspectiva distinta, Europa es ampliamente dependiente de importaciones para muchos metales cruciales, y la Comisión Europea, preocupada acerca de futura disponibilidad, ha recalcado recientemente que China

[267] Latouche, Serge, "Decrecimiento como solución a la crisis", en: *Mundo Siglo XXI*, México, CIECAS-IPN, IV(21), Verano 2010, p. 51.

> produce el 95% de todos los concentrados de tierras raras, Brasil el 90% de todo el niobio, y Sudáfrica el 79% de todo el rodio.[268]

Como vemos muchos de los recursos que aún quedan por explotar están en territorios periféricos y en ocasiones quienes detentan el control de las reservas no son precisamente las mismas periferias, sino que (como en el caso de los hidrocarburos) los derechos de explotación y aprovechamiento quedan en manos de empresas transnacionales que no se preocupan mucho por la salud ambiental de los territorios que explotan. Y aunque algunas veces los países periféricos sí cuentan con el control de sus recursos al ser economías *primarizadas* de cualquier manera vuelcan toda su estrategia de crecimiento e inserción al mercado mundial en industrias que giran alrededor de dichos recursos, sin prever los daños en largo plazo y sin generar estrategias de diversificación económica para afrontar un escenario de agotamiento de recursos, como es los mencionados casos de Ecuador, Bolivia o Venezuela. Así, al final del día, en un contexto capitalista, independientemente de quién se apropia de la ganancia en última instancia el crecimiento acelerado que se ha volcado a las economías extractivistas no es una estrategia rentable para los países periféricos en el largo plazo.

> El Salar de Uyuni o Salar de Tunupa, localizado en el suroeste de Bolivia a 11,995 pies (3,656 m) sobre el nivel del mar, contiene cerca de 50 ó 70 porciento de las reservas mundiales de litio [recurso clave en la producción de celulares y computadoras]. Sin embargo, varios investigadores afirman que la extracción de litio creará un significativo problema ambiental debido al sensible ecosistema del área y el clima árido de la región fuertemente dependiente de recursos hídricos […] Así, la solución para un problema global podría generar un serio problema local.[269]

Una vez asentado este breve marco explicativo regresemos a describir a grandes rasgos cómo este sistema de producción navega las tumultuosas aguas del Antropoceno. Para el caso

[268] Randers, Jorgen, Op. Cit., p. 153. Nota: China también posee las mayores reservas del planeta, las cuales se elevan al 40%. Véase: Zhi Li, Ling, et al., *China's rare earth ore deposits and beneficiation techniques*, 1st European Rare Earth Resources Conference, 2014, en : http://www.eurare.eu/docs/eres2014/firstSession/XiaoshengYang.pdf

[269] Philander, S. George (editor), *Encyclopedia of Global Warming and Climate Change, Second Edition*, SAGE publications, United States, 2012, p. 136.

de los impactos sobre la *litósfera* lo dividiremos en tres apartados: degradación del suelo, agotamiento de hidrocarburos, y agotamiento de minerales.

2.6.2. Degradación del suelo.

El análisis del suelo como fuente de nutrientes para la vida, es decir, de su composición orgánica que permite la expansión de ecosistemas y el cultivo de alimentos bien podría haber encontrado espacio en el apartado dedicado al análisis de la *biósfera* dada la íntima relación de los ecosistemas con la salud de los suelos (y viceversa), pero una cosa es una cosa y otra cosa es otra cosa así que abordaremos la degradación del suelo donde corresponde. En general podríamos decir que la «degradación del suelo […] se refiere a la pérdida del suelo como recurso que sostiene vida a través de la erosión del suelo, desertificación, salinización, acidificación, etc.».[270] De acuerdo a la *Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas* (IPBES, por sus siglas en inglés) formada en 2012 bajo el auspicio de la ONU «menos de un cuarto de la superficie de tierra del planeta permanece libre de impacto humano sustancial […] Para 2050, se estima que menos del 10% de la superficie de tierra del planeta estará sustancialmente libre de impacto humano directo»,[271] lo cual se traduce en que el ritmo actual de degradación de los suelos del planeta derivado de la actividad humana va en consonancia con el ritmo de degradación de todas los componentes de la esfera terrestre que hemos analizado hasta el momento, dando aún mayor credibilidad a la idea del Antropoceno como nueva época geológica.

Como veremos en el apartado dedicado a la biósfera, *actualmente* la principal causa de la pérdida de ecosistemas, de biodiversidad y de degradación del suelo no es el cambio climático, sino este "impacto humano directo", es decir los cambios en uso de suelo principalmente atribuibles a la rápida expansión de la agricultura industrial que va ligada

[270] S. A. Moges, A. S. Gebregiorgis, "Climate Vulnerability on the Water Resources Systems and Potential Adaptation Approaches in East Africa: The Case of Ethiopia", en: *Climate Vulnerability. Understanding and Addressing Threats to Essential Resources*, Volume 5, 2013, pp. 335-345.

[271] IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T. G. Holland, F. Kohler, J. S. Kotiaho, G. Von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M. D. Potts, S. Prince, M. Sankaran and L. Willemen (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany, p. 18.

principalmente a los hábitos de consumo que fomenta un sistema basado en la sobreproducción y el crecimiento constante. Bajo este estado de cosas «la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad han puesto a los ecosistemas mundiales bajo intensa presión, y su capacidad para proveer servicios vitales está disminuyendo mientras al mismo tiempo la demanda de estos servicios está creciendo».[272] Así, si analizamos el problema en términos económicos nos encontramos con que «todos los años, un estimado de $42 mil millones [*billions* en inglés] en ingresos y 6 millones de hectáreas de tierra productiva se pierden debido a la degradación de la tierra y la declinante productividad agrícola».[273] Pero si analizamos el problema en términos humanos nos encontramos con que (de acuerdo al último reporte del IPBES) se proyecta que para 2050 alrededor de 4 mil millones de personas, más de la mitad de la población mundial actual, vivirá en tierras secas, la mayor parte en países subdesarrollados. De nuevo nos encontramos con el problema de la "justicia climática", los países más golpeados por el cambio climático y por la actividad industrial no son los países directamente responsables del hecho. Se ha demostrado, por ejemplo, que el África subsahariana es considerablemente más vulnerable al cambio climático que cualquier país desarrollado, ante este escenario de cambio climático y un previsto aumento de temperatura ya inevitable gran parte de los suelos del África subsahariana quedarán inutilizables para la producción de alimentos, lo cual con seguridad generará un éxodo masivo de población en los años por venir:

> La degradación del suelo es la amenaza más seria para la producción de alimentos, seguridad alimentaria, y conservación de recursos naturales en África, particularmente para la población pobre y vulnerable de las tierras secas […] Alrededor del 73% de las tierras secas africanas están degradadas y 51% están severamente degradadas […] Al menos 485 millones de africanos están afectados por la degradación del suelo.[274]

Pero el problema es mundial y actualmente «la degradación del suelo impacta negativamente a 3.2 mil millones de personas, y representa una pérdida económica del orden

---

[272] Aradottir, Asa L., Dagmar Hagen, "Ecological Restoration: Approaches and Impacts on Vegetation, Soils and Society", en: *Advances in Agronomy*, Volume 120, 2013, pp. 173-222.
[273] United Nations Development Programme / Global Environment Facility, *Reclaiming the Land Sustaining Livelihoods*, Noviembre 2004, UNDP, New York, p. 1.
[274] Bado, Vincent B., André Bationo, "Integrated Management of Soil Fertility and Land Resources in Sub-Saharan Africa: Involving Local Communities", en: *Advances in Agronomy*, Volume 150, 2018, pp. 1-33.

del 10% del producto global bruto anual»[275], por lo que viendo la situación desde la perspectiva de los límites al capitalismo que nos interesa el impacto ya es palpable y todos los indicadores abordados hasta el momento apuntan a que el mundo de las décadas por venir se enfrentará a mayores dificultades para la reproducción del capital; pero de eso hablaremos hasta el siguiente capítulo.

2.6.3. Agotamiento de hidrocarburos.

Independientemente de los análisis coyunturales que puedan hacerse sobre la extracción de petróleo teniendo como base el movimiento de los precios el hecho es que «las reservas de petróleo están por o acaban de llegar a su pico con nuevos campos de petróleo y gas volviéndose más y más difíciles de encontrar y también de operar».[276] Si la producción se mantiene al mismo ritmo o incluso se incrementa ello atiende a movimientos del mercado y no de manera directa al "agotamiento" de las reservas mundiales de hidrocarburos, sin embargo a la larga el mercado tendrá que toparse forzosamente con los límites a la producción, algo que ya ha empezado a observarse dada la creciente búsqueda de alternativas a la extracción de petróleo barato:

> El concepto de 'pico del petróleo' nunca fue acerca de 'quedarse sin petróleo' *per se*, sino acerca de mantener la oferta global de petróleo dados no sólo los límites económicos prevalecientes sino también técnicos. Una creciente dependencia del petróleo no convencional […] producido por fractura hidráulica ('fracking') de esquisto, petróleo de arenas bituminosas, perforación de aguas (ultra) profundas, *etc.* – significa un declinante EROI, mayores costos de producción, mayores emisiones de carbono, y menos energía disponible para la sociedad del total de energía primaria que está disponible, si más energía es consumida por la producción de energía en general.[277]

Ya veremos en el próximo capítulo cómo es que el patrón de acumulación basado en hidrocarburos sencillamente no podrá continuar más allá de este siglo dadas las tendencias

[275] IPBES, Op. Cit., p. 2.
[276] Vallero, Daniel A., Trevor M. Letcher, *Unraveling Environmental Disasters*, Elsevier, USA, 2013, p. 377.
[277] Rhodes, Christopher J., "The global oil supply – prevailing situation and prognosis", en: *Science Progress* (2017), Vol. 100 (2), p. 232.

de agotamiento del petróleo y el gas.[278] Ya hemos visto en otros apartados de este mismo capítulo (sobre todo en el relativo a la atmósfera) cómo es que la industria petroquímica impacta sobre la salud del planeta, y en lo tocante al agotamiento de los hidrocarburos en cuanto tal por ahora dejaremos esbozado el problema dejando un análisis más detallado sobre su agotamiento y sus repercusiones sobre el sistema económico cuando abordemos la discusión sobre la *Tasa de Retorno Energético* (EROI) en el próximo capítulo.

2.6.4. Agotamiento de minerales.

La minería es la actividad económica más rentable de la actualidad y el crecimiento exponencial de las últimas décadas lo demuestra. Así, «gran parte del crecimiento económico y de la reducción de la pobreza de la región Asia-Pacífico está sustentada por un dramático crecimiento en la utilización de recursos minerales junto a agua y energía. El uso de materiales se incrementó de 5 mil millones a 37 mil millones [*billions* en inglés] de toneladas anuales en 4 décadas».[279] Pero este marcado ascenso de la industria minera no viene sin su gran abanico de complicaciones, podríamos empezar por mencionar la explosión de conflictos sociales de las últimas décadas relacionados a la minería, que van desde desplazamientos forzados hasta luchas motivadas por contaminación de acuíferos pasando por toda la gama de problemas sobre la salud provocados por desechos tóxicos. La creciente relevancia de los movimientos sociales (ver figura 8) que tienen en el centro de sus luchas el combate a la producción minera refleja el sencillo hecho de que la minería es también de las actividades humanas que más daño generan sobre el medio ambiente y por lo tanto sobre la calidad de vida de muchas poblaciones.

> El desecho minero está asociado con una alta concentración de metales tóxicos, aguas y suelos de bajo pH, y una inadecuada estructura del suelo que provee un bajo nivel de nutrientes para plantas. La contaminación causada por desecho minero se extiende mucho

[278] Con excepción del carbón natural que aún cuenta con abundantes reservas, pero con un factor contaminante bastante elevado y sin las propiedades de uso industrial con las que cuenta el petróleo.
[279] UNDP and UN Environment (2018). *Managing mining for sustainable development: A sourcebook*. Bangkok: United Nations Development Programme, p. 26.

más lejos que los montículos visibles de desperdicio debido a la dispersión por gravedad, agua superficial y agua subterránea.[280]

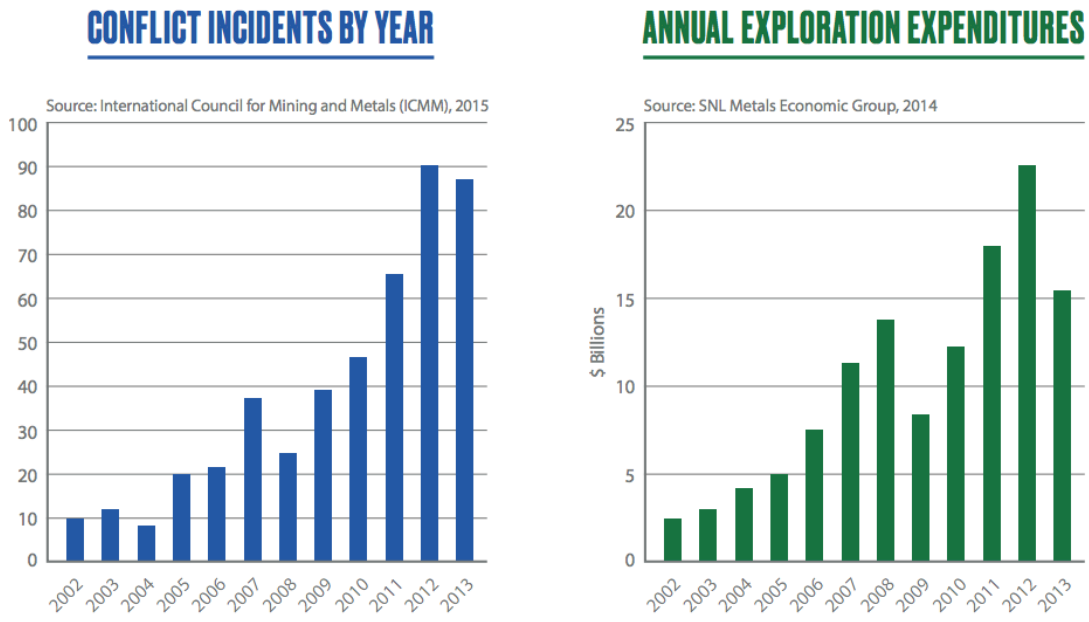

Fig. 9. Crecimiento en conflictos asociados con la minería coincidentes con el auge en la extracción de materias primas.[281]

Conforme la escala de la producción se amplía también se vuelve más difícil continuar extrayendo minerales sin incrementar costos dada la progresiva dificultad de acceder a depósitos ubicados en zonas de más difícil acceso y el agotamiento de los depósitos de minerales de alta ley, debido a esto «la cantidad de desecho generado (agua, energía, químicos, gases de efecto invernadero (GEIs), desecho y otros contaminantes) por unidad de recurso producido es probable que se incremente y los costos ambientales asociados demostrarán ser un problema constante y creciente». [282] Los desechos de la minería representan la mayor parte del desecho producido por la industria y la escala del impacto sobre el planeta es tal que podemos dar un fuerte argumento más a la idea del Antropoceno,

[280] Chevrel, Stéphane, Anne Bourguignon, "Application of Optical Remote Sensing for Monitoring Environmental Impacts of Mining: From Exploitation to Postmining", en: Baghdadi, Nicolas, Mehrez Zribi (eds.), *Land Surface Remote Sensing: Environment and Risks*, Elsevier, 2016, pp. 191-220.
[281] Andrews, T., Gamu, J., Le Billon, P., Oh, C.H., Reyes, D. and Shin, J. (2018). *The Role of Host Governments in Enabling or Preventing Conflict Associated with Mining*. Canadian International Resources and Development Institute (CIRDI), p. 8.
[282] UNDP and UN Environment (2018). *Managing mining for sustainable development: A sourcebook*. Bangkok: United Nations Development Programme, p. 27.

ya que «la cantidad de desperdicio sólido de la minería y la cantidad de materiales del planeta movidos por procesos geológicos fundamentales son del mismo orden de magnitud […] Como resultado, la Tierra está siendo crecientemente moldeada por desechos mineros más que por procesos geológicos naturales».[283] La innegable naturaleza destructiva de la minería es entonces una de las causas de que la extracción de minerales sea abandonada en muchas zonas, la importante cantidad de minas abandonadas sin haber agotado todos lo minerales es testigo de la situación.

> La minería de muchos metales se está volviendo más y más difícil y los problemas ambientales están comenzando a refrenar la minería y también a incrementar los costos. Se piensa que el reciente embargo de China a la exportación de tierras raras fue provocado por la creciente preocupación al interior de China de los impactos ambientales de algunas prácticas mineras […] Estos casos y muchos otros son algunos de los impactos ambientales que más probablemente causarán restricciones a la oferta mucho antes de que físicamente nos quedemos sin metales.[284]

Por lo anterior, al igual que en el caso de los hidrocarburos, cuando hablamos de agotamiento de las reservas de minerales o que hemos llegado al "pico" de extracción de varios metales no nos referimos a que ya no existan más reservas, sino a que se ha llegado a un escenario de rendimientos decrecientes dada la creciente dificultad de extracción, lo cual puede llevarnos a un escenario en el que los costos de extracción sean mayores que la ganancia que podría obtenerse, por lo cual en términos de utilidad económica el agotamiento sería efectivo. Así pues, habría que hacer la distinción entre *agotamiento económico* y *agotamiento físico*, «ésta es la esencia del concepto de "agotamiento", que no significa "acabarse" algo, sino que involucra retornos económicos decrecientes».[285] Es debido a esta problemática que el capital se las ingenia para crear nuevos métodos de extracción aún más destructivos que los habituales, como la minería a cielo abierto y la fractura hidráulica.

Hay quienes proponen la transición a una "economía circular", es decir, que la utilización de metales no dependa ya de una economía extractiva sino de una economía

---

[283] Lottermoser, Bernd G., *Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts*, Springer, 2010, p. 12.
[284] Vallero, Daniel A., Trevor M. Letcher, *Unraveling Environmental Disasters*, Elsevier, USA, 2013, p. 380.
[285] Bardi, Ugo, Rolf Jakobi, Hiroshan Hettiarachchi, "Mineral Resource Depletion: A Coming Age of Stockpiling", en: *BioPhysical Economics and Resource Quality*, (2016) 1:4, p. 1.

basada en el reciclaje de materias primas, sin embargo, un escenario de este estilo implica grandes costos para los capitales (lo cual explica por qué la industria continúa a través de procesos depredadores y no se interesa mucho que digamos por reciclar materiales) que deprimirían aún más los márgenes de ganancia; de esto versará parte del capítulo 4 por lo que por el momento no ahondaremos más en el análisis del agotamiento de minerales.

2.7. LA GRAN ACELERACIÓN

Desde 1800 la población mundial se ha multiplicado por siete sobrepasando los siete mil millones de habitantes (sobrepasando los 7.5 mil millones al momento de escribir estas líneas) y el fenómeno se va acelerando década con década, la humanidad tardó sus buenos siglos en llegar a sus primeros mil millones de habitantes hacia 1800 pero tan sólo de 1990 a 2015 crecimos en dos mil millones de habitantes. Aparejado a este crecimiento poblacional exponencial se ha dado el crecimiento de la economía que desde el siglo XIX se ha multiplicado unas cuantas decenas de veces (una tasa considerablemente más alta que la poblacional):

> El producto mundial bruto, la suma de todas las actividades económicas que tienen lugar en un año, era de poco más de un billón de dólares en 1900, pero en 2000 había crecido hasta los 41 billones. La energía necesaria para impulsar este crecimiento se multiplicó por diez; el consumo mundial de energía pasó de alrededor de 50 exajulios en 1900 a 500 exajulios a finales de siglo. Un exajulio es un trillón de julios, y un trillón es un número incluso mayor de lo que parece […] La aparición súbita de 4600 millones de personas que necesitan consumir 450 trillones de julios más y crear 40 billones de dólares más debería ser el titular principal de cualquier explicación del siglo XX. No hay nada que sea, ni de lejos, tan importante.[286]

[286] Higgs, John, *Historia alternativa del siglo XX. Más extraño de lo que cabe imaginar*, Taurus, México, 2016, p. 258.

Figura 10. PIB mundial real (a precios internacionales de 2011) de 1870-2015 con datos del New Maddison Project Database y el Banco Mundial. Consultado en línea en: https://ourworldindata.org/economic-growth

Pero como puede entreverse en la gráfica anterior lo verdaderamente impresionante se ha dado de mediados del siglo XX a la fecha (coincidiendo con la fecha que el *Working Group on the Anthropocene* de la *Unión Internacional de Ciencias Geológicas* estableció como el inicio del Antropoceno). Llevando este asunto al tema que nos interesa estableciendo un vínculo entre *indicadores socioeconómicos* (como población, producto interno bruto, inversión extranjera directa, población urbana, uso de energía primaria, uso de agua, transporte, telecomunicaciones, turismo internacional) y *tendencias del sistema terrestre* (como incremento de dióxido de carbono atmosférico, metano, temperatura del océano, acidificación oceánica, pérdida de bosques tropicales, degradación de la biósfera) puede verse la correlación obvia entre la destrucción del mundo natural y el crecimiento disparado de la población y la economía planetaria. Como puede apreciarse en las gráficas que presentamos a continuación el punto de inflexión para todos los indicadores parece ser el mismo, mediados del siglo XX, este gran salto de los últimos 50 años es lo que en la literatura más reciente sobre el tema se ha dado en llamar *La Gran Aceleración*.

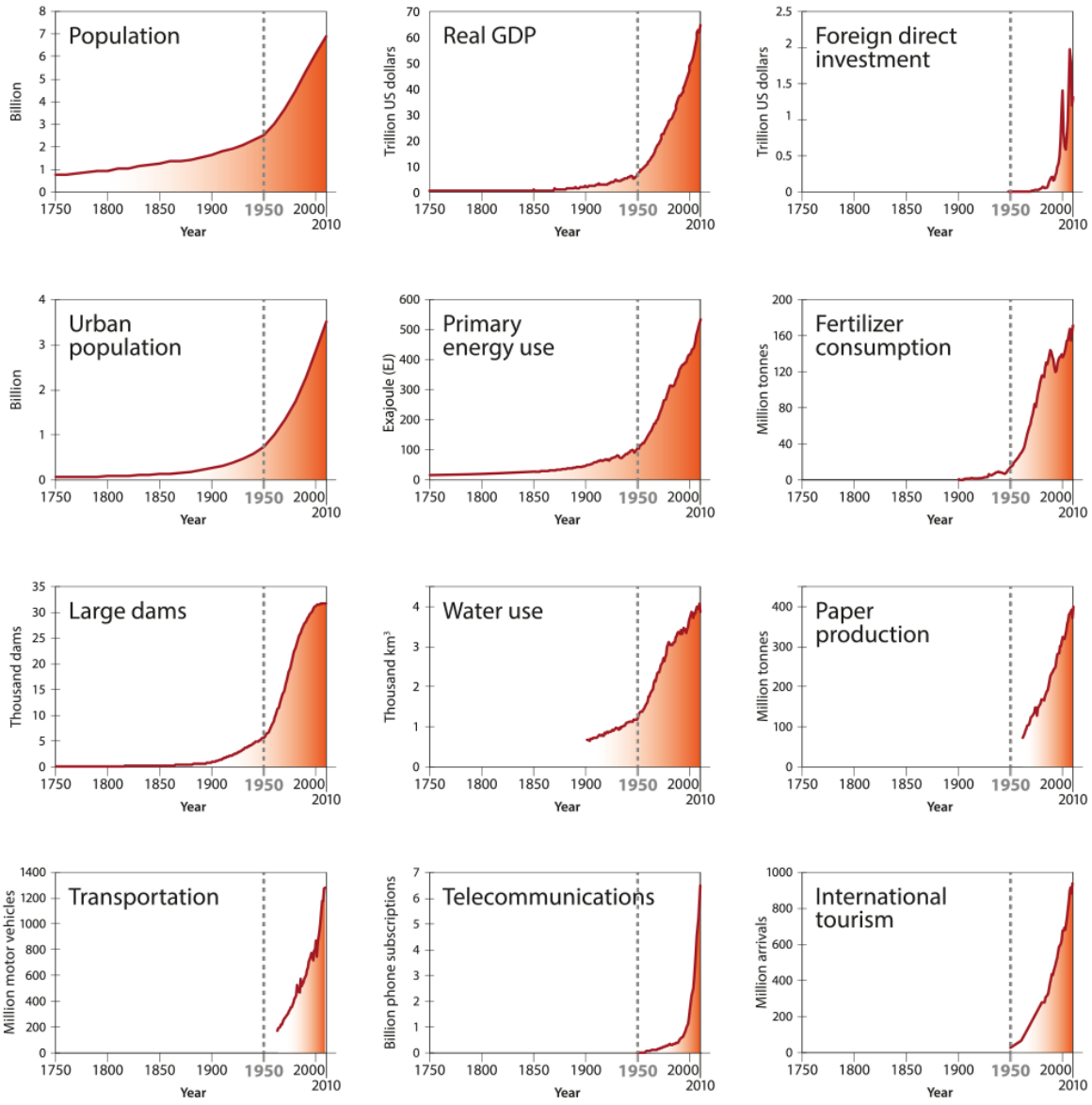

Figura 11. Tendencias de 1750 a 2010 en indicadores globales agregados para desarrollo socioeconómico.[287]

[287] Steffen, Will, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney, Cornelia Ludwig, "The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration", en: *The Anthropocene Review*, SAGE, 2015, p. 4.

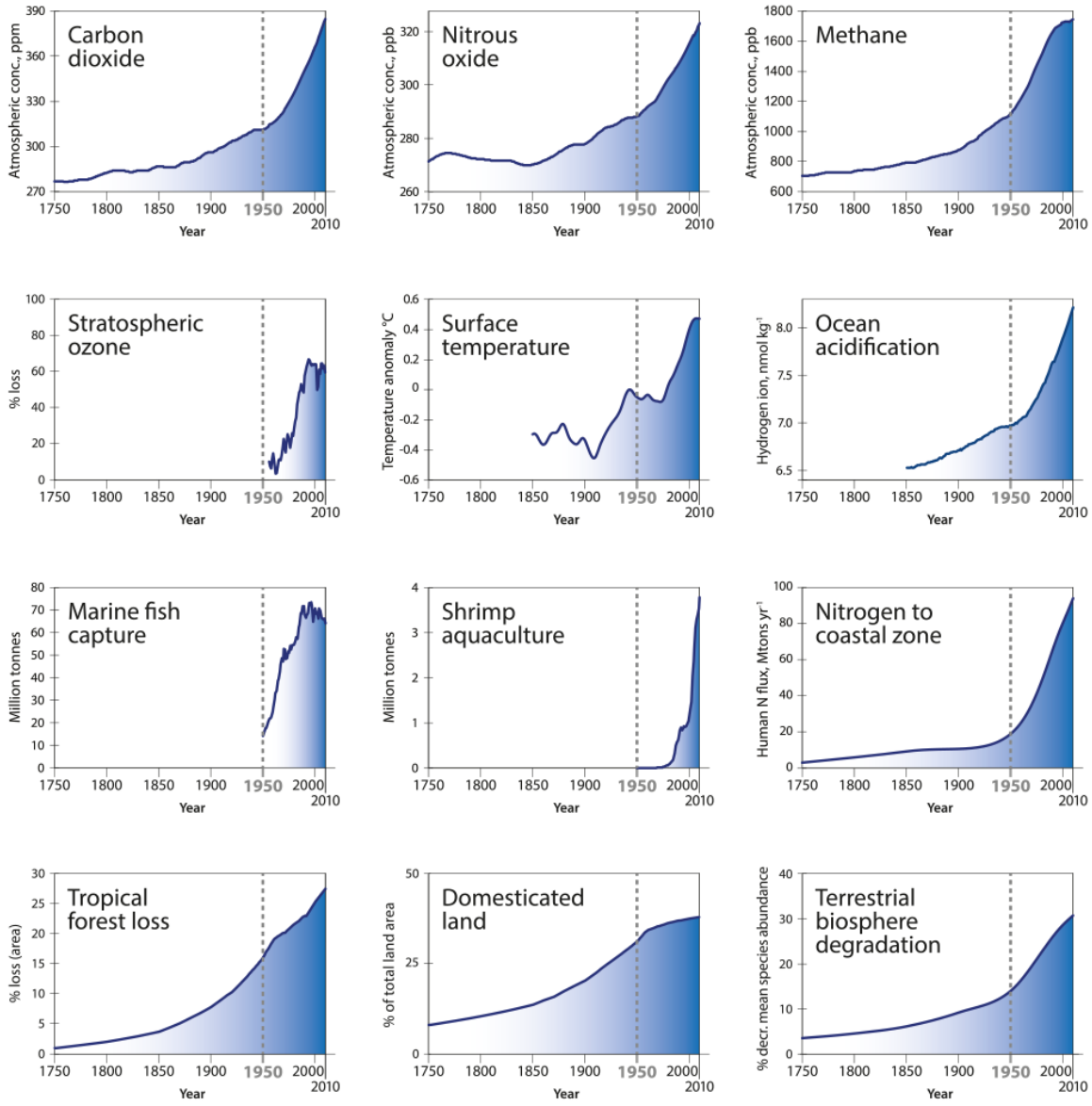

Figura 12. Tendencias de 1750 a 2010 en indicadores para la estructura y funcionamiento del Sistema Terrestre.[288]

[288] Steffen, Will, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney, Cornelia Ludwig, "The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration", en: *The Anthropocene Review*, SAGE, 2015, p. 7.

Al ver estas gráficas podemos darnos cuenta de por qué el problema del medio ambiente era prácticamente inexistente en el discurso de las ciencias sociales hasta ya bien entrado el siglo XX, si bien la tendencia ya estaba ahí la verdadera explosión se ha dado durante la vida de una sola generación. Trescientos años para que el capitalismo abarcara la casi totalidad del orbe, cincuenta años para poner al sistema terrestre en jaque, si la rapidez con la que se han dado estos cambios no confirma en la mente de los escépticos las tendencias depredadoras del capitalismo derivadas de su insaciable necesidad de acumulación a escala ampliada nada lo hará.

Ahora bien, parte nodal del discurso sobre la Gran Aceleración está en empatar crecimiento poblacional con destrucción ambiental, pero a pesar de que en cierto sentido esa relación es real se vuelve necesario dar cuenta de los bemoles existentes, ya que «es el desarrollo económico y el crecimiento de las clases medias del mundo, y no el incremento poblacional en sí, lo que está dramáticamente influenciando la tasa de cambio del sistema de sustento vital de la Tierra». [289] Ya veíamos en la parte sobre emisiones a la atmósfera que la mitad más pobre del mundo genera sólo un 10% de las emisiones mientras que el 10% más rico genera cerca de 50% del total (véase figura 4), y lo mismo puede decirse sobre la producción de todo tipo de contaminantes. Si llevamos este análisis a la esfera de los estados nacionales podemos ver que la regla se sigue cumpliendo, son los países más ricos con las poblaciones más reducidas los principales responsables de la debacle ecológica, es así que «en 2010 los países OCDE dieron cuenta del 74% del PIB global pero sólo del 18% de la población global».[290] Y si bien muchos países en vías de desarrollo parecen estar contribuyendo significativamente con el incremento en emisiones y destrucción de la biósfera los actores principales del desastre siguen siendo los mismos.

Incluso en casos donde grandes emisiones se dan en países periféricos los responsables suelen ser empresas transnacionales rastreables a los países ricos. Así, un estudio de 2014 que analiza el periodo de 1854 a 2010 llega a la conclusión de que casi dos tercios de todas las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) industrial son adjudicables a 90

[289] WWF. 2018. *Living Planet Report - 2018: Aiming Higher*. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland, p. 22.
[290] Steffen, Will, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney, Cornelia Ludwig, "The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration", en: *The Anthropocene Review*, SAGE, 2015, p. 11.

empresas productoras de petróleo, carbón, gas natural y cemento.[291] Un estudio posterior publicado en 2017 lleva estas cifras más lejos adjudicando responsabilidad directa a esos mismos 90 productores en los porcentajes de emisiones de dióxido de carbono, incremento del nivel del mar y de la temperatura de superficie y llega a la conclusión de que quienes fueran responsables de esos cambios de fines del siglo XIX a la primera década del siglo XXI son prácticamente los mismos que fueron los mayores responsables de 1980 a 2010, lo cual da cuenta de lo difícil que es destronar a las grandes potencias de la economía mundial incluso en un contexto de larga duración:

> Hallazgos recientes acerca de que casi dos tercios del total de emisiones industriales de CO_2 y CH_4 pueden ser trazadas a 90 grandes productores industriales de carbono han atraído atención hacia su potencial responsabilidad climática. Aquí usamos un simple modelo climático para cuantificar la contribución histórica (1880-2010) y reciente (1980-2010) de las emisiones rastreadas hasta estos productores en el incremento histórico de CO_2 atmosférico, de temperatura de superficie y de nivel del mar. Las emisiones rastreadas hasta estos 90 productores de carbono contribuyeron ~57% del incremento observado en CO_2 atmosférico, ~42-50% del incremento en temperatura global promedio de superficie (GMST), y ~26-32% del incremento global de nivel del mar (GSL) a lo largo del periodo histórico, y ~43% (CO_2 atmosférico), ~29-35% (GMST), y ~11-14% (GSL) desde 1980.[292]

Viendo a futuro es un hecho que la mayor parte del crecimiento poblacional se dará en países en desarrollo o subdesarrollados donde los problemas ambientales son más agudos, pero tal como ha sido hasta la fecha la mayor parte del crecimiento económico se dará en los países desarrollados dando cuenta una vez más del sencillo hecho de que el problema no es el incremento poblacional como tal, sino la sobreproducción y el sobreconsumo de una parte muy reducida de la población global. Así, «aunque la fuente más importante de presión ambiental viene del Norte global y su alta huella de carbono per cápita, se espera que –bajo las condiciones actuales- el alto crecimiento poblacional en el Sur global refuerce las

[291] Heede, Richard, "Tracing anthropogenic carbon dioxide ande methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854-2010", en: *Climatic Change*, vol. 122, 2014, p. 229.
[292] Ekwurzel, B., J. Boneham, M. W. Dalton, R. Heede, R. J. Mera, M. R. Allen, P. C. Frumhoff, "The rise in global atmospheric CO_2 surface temperature, and sea level from emissions traced to major carbon producers", en: *Climatic Change*, vol. 144, 2017, p. 579.

presiones ambientales y agudice la desigualdad global».[293] Pero a pesar de que la gran culpa histórica está en quienes gozan de altos estándares de vida también es innegable el impacto que una población de más de 7 mil millones de personas puede tener sobre el medio ambiente por el simple hecho de existir y demandar recursos e infraestructura, por ejemplo vemos que la población *urbana* creció de 33% a 54% de 1960 a 2016 (de 1.01 mil millones a 4.2 mil millones de pelados) y no hay que ser un gran genio para saber que la urbanización (del tipo que sea) viene con grandes costos ambientales:

> El crecimiento de la población humana y la resultante industrialización, intensificación agrícola y urbanización están considerados como algunos de los principales causantes de la degradación de los sistemas acuáticos […] El desarrollo de infraestructura asociada con la urbanización afecta la cantidad y la calidad de agua, cambia cauces de ríos, destruye hábitats y conectividad de hábitats y favorece la expansión de especies invasivas […][294]

Hacia 2050 la proporción de población humana viviendo en urbes será de casi el 70%, lo cual no augura nada bueno para el mundo natural dado que las poblaciones urbanas se vuelven forzosamente dependientes de patrones de consumo industriales y aspiran a mejores condiciones de vida que inevitablemente tienen un impacto en la estabilidad de los sistemas naturales. Se espera también que para 2050 seamos unas 9 mil millones de personas sobre el planeta, y aunque hasta el momento la escasez malthusiana ha sido superada gracias a los grandes avances en capacidad productiva bien puede ser que para 2050 las condiciones de degradación del ambiente sean tales que no permitan mantener tal cantidad de humanos sobre el planeta y la escasez malthusiana se vuelva una realidad, un mundo en el cual los avances en capacidad productiva no puedan contrarrestar las condiciones de escasez real.

> Ahora bien, es muy improbable que tan enorme población humana se alcance jamás […] Cuando otros investigadores adoptan un marco analítico más coherente con los datos sobre extralimitación (*overshoot*) y límites biofísicos que antes hemos sobrevolado, lo que ven venir es más bien un nada improbable colapso ecológico-social que podría hacerse manifiesto hacia

[293] United Nations Environment Programme (UNEP), *Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People*, Cambridge University Press, Nairobi, 2019, p. 25.
[294] FAO. 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome, p. 71.

2030, y que a partir de esas fechas haría disminuir la población mundial en unos 500 millones de personas por decenio.[295]

2.8. CONCLUSIONES.

Ha sido un capítulo extenso, pero la seriedad del problema lo ameritaba y creo haber hecho una defensa importante de la postura del Antropoceno como nueva época geológica provocada por la creciente actividad humana impulsada por el espíritu económico del capitalismo. Conforme avanzaba en la redacción de esta parte de la investigación me sentía acorralado por la velocidad con la que nuevas investigaciones surgían confirmando las tendencias conocidas pero añadiendo un panorama aún más desolador del previsto, casi todos los artículos terminaban con una frase en la línea de "datos más elevados de los previstos o proyectados por otros estudios", incluso ahora que por fin me he decidido a terminar de redactar encuentro en redes sociales noticias del estilo de "2019 será el año más caliente en el registro histórico" o de "el Ártico podría deshielarse antes de lo previsto" y "nuevo máximo histórico en concentración de dióxido de carbono atmosférico no visto en tres millones de años". A este ritmo parece que mi pequeño esfuerzo intelectual quedará obsoleto en muy poco tiempo, pero al hacer este breve recuento de la época histórica que me ha tocado vivir ligándolo a las tendencias observables del capitalismo histórico algo de valor quedará en el trabajo, demostrando que la debacle civilizatoria en ciernes es producto directo de la acción humana y de un sistema histórico que no puede funcionar si no es a través de la destrucción del mundo natural; la idea de un capitalismo verde puede ser echada bajo el tapete.

La parte final del capítulo dedicada a la explicación de La Gran Aceleración me aclara un poco el porqué de este sentimiento de que las cosas se desarrollan a un ritmo perceptiblemente más rápido, lo que un humano promedio de inicios del siglo veinte tardara en percibir toda una vida ahora lo experimentamos en cuestión de unos pocos años. Tan sólo en un periodo de 50 años el mundo se puso de cabeza, el Sistema Terrestre tardó sólo cinco décadas en desestabilizarse poniendo en peligro la vida humana en civilización, de ahí la importancia de un esfuerzo científico como el de definir "límites planetarios":

[295] Riechmann, Jorge, Op. cit., p 22.

> La actividad humana ha crecido tan dramáticamente desde mediados del siglo XX que la relativamente estable época de 11,700 años del Holoceno, el único estado del planeta que sabemos con certeza que puede albergar a las sociedades humanas contemporáneas, está siendo desestabilizado […] El marco de LP [Límites Planetarios] ayuda a guiar a las sociedades humanas lejos de tal trayectoria al definir un "espacio de operación seguro" en el cual podemos continuar desarrollándonos y prosperar.[296]

En este momento la moneda sigue en el aire pero nada en las tendencias productivas actuales indica un cambio sustancial en los patrones de producción-consumo que nos lleve a pensar que continuaremos dentro de este "espacio de operación seguro", los llamados a alterar los patrones productivos han caído en oídos sordos y todos los esfuerzos quedan reducidos a plasmar buenas intenciones en leyes y tratados que en lo general no se cumplen o no alteran el problema de fondo. A finales de 2018 el IPCC publicó un reporte especial firmado por 99 autores de 40 países que referencia más de 6,000 citas alertando de los peligros de no mantener el calentamiento global por debajo de 1.5 ºC con respecto a niveles preindustriales y asegurando que tenemos hasta 2030 para cambiar de rumbo o de lo contrario las metas establecidas por los Acuerdos de París y demás tratados simplemente no podrán concretarse. El problema está en los esfuerzos necesarios para lograrlo, para 2030 aparentemente habría que reducir cerca de 45% las emisiones de dióxido de carbono respecto a niveles de 2010 (25% para mantenernos debajo de 2 ºC) y llegar al cero neto hacia 2050, todo esto echando mano de caminos "sin precedentes" que implicarían un "aumento significativo" en inversiones:

> Caminos que limitan el calentamiento global a 1.5 ºC que no impliquen o tengan un limitado *overshoot* requerirían transiciones rápidas y de largo alcance en energía, suelo, urbanización e infraestructura (incluyendo transporte y edificios), y sistemas industriales […] Estas transiciones de sistemas no tienen precedentes en términos de escala, pero no necesariamente en términos de rapidez, e implican profundas reducciones en emisiones en

[296] Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennet, Reinette Biggs, Stepehen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia, A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers, Sverker, Sörlin, "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", en: Science, Vol. 347, Issue 6223, 13 de febrero de 2015, p. 737.

> todos los sectores, un amplio abanico de opciones de mitigación y un significativo aumento de escala de inversiones en esas opciones.[297]

Un cambio sin precedentes, es decir hacer que el capitalismo no se comporte como capitalismo, y grandes inversiones sin retorno sobre la inversión o con costos que reducirían ampliamente el margen de ganancias no suena a la receta habitual de lo que ha sido el capitalismo histórico, y tal como la misma ONU ya empieza a reconocer, «una parte clave de los caminos sustentables es la evolución de los sistemas globales financieros y económicos para construir una economía sustentable, desviándonos del actual limitado paradigma de crecimiento económico».[298] Sin embargo, el espíritu productivista parece estar impregnado en la esencia misma de las soluciones que pretenden plantearse, la gran mayoría de los trabajos consultados (tanto gubernamentales como académicos) se rigen por la línea de un capitalismo que puede crecer de manera sustentable, así, en otras publicaciones de Naciones Unidas pueden encontrarse ideas del estilo de que «la minería también puede contribuir al desarrollo sustentable, particularmente a su dimensión económica […] puede traer ingresos fiscales a un país, impulsar el crecimiento económico, crear empleos y contribuir a la construcción de infraestructura».[299] Como vemos, pensar un mundo al estilo del decrecimiento, donde el bienestar no dependa de la constante expansión económica que de manera inevitable tiene impactos severos sobre el ambiente, parece estar más allá de lo que permite la imaginación ligada al sentido común impuesto por la historia humana de los últimos dos siglos. Es más sencillo pensar el fin del capitalismo provocado por las dinámicas aquí expuestas que pensar que el sistema se reforme y mágicamente opere como nunca ha operado, es así que en el capítulo siguiente analizaremos cómo es que el modo de producción al poner en crisis al sistema natural pone en crisis al sistema económico mismo.

---

[297] IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, p. 17.

[298] IPBES, *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Advance unedited version, 6 Mayo 2019, p. 9.

[299] UNDP and UN Environment (2018). *Managing mining for sustainable development: A sourcebook*. Bangkok: United Nations Development Programme, p. 27.

CAPÍTULO III: LA ECONOMÍA DEL ANTROPOCENO

3.1. INTRODUCCIÓN.

> A lo largo de la pasada década, muchos promotores del capitalismo verde han intentado restar importancia a los conflictos entre la lógica del mercado y los límites ecológicos pregonando las maravillas de las tecnologías verdes o «desvinculando» los efectos medioambientales de la actividad económica. Han dibujado así la imagen de un mundo que puede continuar funcionando de manera bastante parecida a como la ha hecho hasta ahora, pero impulsado por las energías renovables. […] Aunque nos pusiéramos manos a la obra mañana mismo, lo más realista es suponer que tardaríamos muchos años (y quizá bastantes décadas) en conseguir que los nuevos sistemas estuvieran ya instalados y en funcionamiento. Además, como no tenemos aún unas economías propulsadas por energías limpias, toda esa construcción verde consumiría elevadas dosis de combustibles fósiles en el proceso.[300]
>
> -Naomi Klein, *Esto lo cambia todo*, 2015.

Una vez asentado el marco teórico (en el capítulo uno) del cual partimos para construir nuestro argumento sobre el fin del mundo y habiendo recapitulado cómo el mundo natural ha sido devastado en los últimos dos siglos derivado de la dinámica de producción capitalista (capítulo dos) podemos pasar a la parte final de este trabajo (capítulo tres) tratando de vislumbrar si el sistema económico tal como ha funcionado hasta ahora puede sobrevivir atentando exponencialmente contra su base material, intentado en el camino responder a la pregunta que está tal vez en el centro mismo de la investigación: *¿Puede el capitalismo existir de manera sustentable o está en sus cimientos la destrucción del mundo humano y natural?* Partiendo de las premisas de Marx y Wallerstein parecería que tal armonía es sencillamente imposible bajo los postulados básicos del funcionamiento del capital, es por ello que en este tercer capítulo realizaremos una *última aproximación empírica* a la manera en que este particular modo de producción se ha visto desde sus orígenes incapacitado para mantener un desarrollo equilibrado derivado de las mismas leyes de funcionamiento del sistema.

[300] Klein, Naomi, *Esto lo cambia todo. El capitalismo contra el clima*, Paidós, México, 2015, p. 120.

A manera de diálogo introductorio empezaremos con uno de los debates sobre crisis ambiental más relevantes del siglo pasado que inició con la publicación del libro "Los límites del crecimiento" del Club de Roma en 1972, en dicho libro se discutía la posibilidad de un fin abrupto del sistema de acumulación debido al acelerado ritmo de producción y al crecimiento poblacional que pondrían en jaque la reproducción del mundo natural. El problema a discutir en este capítulo es entonces relativo a la idea de "crecimiento" que ha sido consustancial al avance del capitalismo, capitalismo y crecimiento han sido durante siglos prácticamente sinónimos, tal como vimos en las leyes del desarrollo capitalista explicadas por Marx, el capitalismo sólo existe manteniendo tasas de ganancia que dependen de un crecimiento exponencial por lo que la idea de un capitalismo de "estado estacionario" es al menos en la teoría una falacia.

En este tenor es que en este capítulo nos abocamos a explicar otro debate que ha surgido casi entre las sombras de la discusión económica convencional: la idea de que el crecimiento no es en sí mismo algo deseable en el contexto de un planeta finito. La "apuesta por el decrecimiento" puede sonar al principio como algo totalmente contraintuitivo ya que las economías se "desarrollan" tan sólo a través de herramientas que impulsan el crecimiento (del cual dependen variables como tasas de empleo y bienestar humano) y la "riqueza" de una nación es medida a través del Producto Interno Bruto que es una variable de crecimiento. Así, el lenguaje económico mismo está impregnado de la idea de un crecimiento constante si se quieren mantener estándares de vida "aceptables", la lucha contra la pobreza y el desempleo es incluso pensada desde este mirador que apuesta por la integración constante de poblaciones a la esfera de producción/consumo capitalista como solución. La idea de quienes abogan por el decrecimiento es mostrar que el crecimiento no sólo no es deseable, sino que en el mediano y largo plazo está creando escenarios de destrucción ambiental que atentan contra la vida humana como conjunto social, el crecimiento como ideal capitalista más que traer bienestar lo que provoca es mayor polarización y pobreza (muy en la tónica de la Ley General de la Acumulación Capitalista).

Siguiendo esta línea argumentativa es que estudiamos algunos fenómenos relacionados al crecimiento y al desarrollo tecnológico intentando demostrar con evidencia empírica que contrario a la noción del "sentido común" o de la "sabiduría popular" el desarrollo tecnológico bajo el capitalismo que avanza navegando bajo la bandera de la

eficiencia y la innovación que en teoría traería un mundo más sustentable no hace sino ahondar la problemática de la destrucción medioambiental y la agudización de las crisis económicas. Por ejemplo, se discute la existencia de la llamada "Paradoja de Jevons", la cual hace referencia a un fenómeno documentado desde el siglo XIX que explica que conforme la utilización de un recurso se vuelve más eficiente debido a alguna innovación tecnológica o nuevo proceso productivo, es decir, que se necesita menos de él para obtener los mismos o más beneficios (por lo que en teoría debería disminuir el ritmo de su utilización) lo que sucede es que su utilización en términos absolutos se incrementa provocando un tasa más acelerada de consumo de dicho recurso, esto debido a que el abaratamiento de los costos de producción y del costo de las mercancías empujan a los capitales a invertir más ampliando la escala de la producción. Derivado de esta discusión es que pasamos a cuestionar la extendida idea dentro del pensamiento económico convencional de que la eficiencia productiva, la innovación tecnológica y la sustitución de materias primas deben ser los pilares para la construcción de un capitalismo sustentable, lo que intento demostrar es que existen límites a la sustitución de materias primas y recursos energéticos, que la eficiencia no puede incrementarse indefinidamente al punto en que producir no cueste nada en términos de energía, que la innovación no se traduce necesariamente en menos destrucción ambiental y en general que ni la eficiencia ni la innovación ni la sustitución promueven un mundo más verde mientras la dinámica que los engloba dependa de la producción de ganancias y la expansión de mercados.

Así, uno de los propósitos centrales de este capítulo es establecer que la idea de Desarrollo Sustentable es en sí misma una falacia, un oxímoron, el adjetivo contradice al sustantivo (o *contradictio in adjecto* sólo por decirlo en latín para sonar más interesante), o hay desarrollo o hay sustentabilidad pero no las dos al mismo tiempo (en una escala de economía-mundo al menos). Siendo así abordaremos en líneas generales algunas de las razones por las que las políticas de Desarrollo Sustentable no han tenido éxito desde que empezaran a aplicarse hace unas cuantas décadas, siendo de las principales causas que los países industrializados no tienen interés en cambiar patrones tecnoenergéticos de acumulación debido a las superiores tasas de ganancia que otorga mantener incambiado el estado actual de la producción mundial de mercancías, además del hecho de que las así llamadas "tecnologías verdes" en realidad no lo son tanto, ya que aplicadas bajo un esquema

de producción capitalista sólo son rentables en tanto se producen en escala ampliada consumiendo en el proceso aún más recursos naturales, todo lo cual lleva a que las políticas de Desarrollo Sustentable no sean en los hechos más que un eslogan o una declaración de buenas intenciones en donde el campo de la política queda casi en su totalidad desligado de la aplicación real en la esfera económica.

Partiendo de estos postulados trabajaremos fenómenos que dan cuenta de manera empírica de este estado de cosas, por ejemplo a manera de demostración de cómo la búsqueda de ganancia está por encima de las preocupaciones ambientales y de cómo la eficiencia, la innovación y la sustitución tienen límites abordo el caso de la Tasa de Retorno Energético (EROEI o EROI, por sus siglas en inglés), la cual se refiere a la energía neta que otorga explotar cierto tipo de recurso por cada unidad invertida, por ejemplo una tasa de retorno energético positiva sería cuando la energía total obtenida por la explotación del recurso es mayor que la energía invertida en su extracción/producción, siendo esto así vemos que hay recursos que dan mayores tasas de retorno energético que otras (p. ej. el petróleo ha llegado históricamente a tener una tasa 1:100 mientras que la energía de los biocombustibles suele estar alrededor del 1:1 donde el beneficio obtenido se ve prácticamente anulado por el costo de producción) lo cual complejiza el debate sobre la posibilidad de transitar a tecnologías "limpias" dada la necesidad del capitalismo de contar con tasas de retorno energético grandes para mantener la economía funcionando a los ritmos a que ha acostumbrado durante más de doscientos años.

Sin embargo, intentando de cierta manera dar algo de crédito a la idea optimista que subyace al discurso del Desarrollo Sustentable es que nos adentraremos en el que tal vez sea el debate más serio sobre la viabilidad de un capitalismo verde que pueda echar mano de recursos ilimitados, me refiero a la discusión de la llamada Economía Circular. Como veremos el debate en torno a la Economía Circular es tan reciente que prácticamente no existe un consenso sobre la definición del concepto mismo, pero en general casi todas las definiciones apuntan a buscar una manera de mantener al capitalismo como sistema basado en el crecimiento y la generación exponencial de ganancias pero reciclando, reutilizando, remanufacturando y reduciendo la utilización de ciertos recursos. Los problemas a resolver dentro de este debate son numerosos y como veremos su aplicación práctica está llena de las contradicciones que la búsqueda constante de crecimiento económico implica.

Además, dado los patrones de agotamiento de varios de los recursos primordiales para la industria moderna, incluidos muchos que no son renovables ni sustituibles, ya no se trata sólo de reciclaje o de si la utilización de un recurso es "limpia" o no sino que se añade el problema de los crecientes costos de producción de energía y materias primas dada la creciente dificultad para obtenerlos, lo cual se añade a los costos en aumento por intentar reparar los daños ambientales, a los costos crecientes causados por el cambio climático (derivados de sequías, incendios forestales, inundaciones, etcétera), a los costos derivados de los varios tipos de reciclaje, y a los costos por inversiones en nuevas tecnologías y en desarrollo de materiales que sustituyan a los que existen de manera natural. Como vemos, *este capítulo abordará el fenómeno de la reducción histórica en los márgenes de ganancia capitalista como promedio mundial derivado de los crecientes costos de producción debido a la destrucción del ambiente*. Asimismo, veremos que no se trata sólo de costos económicos, sino que hay una serie de costos sociales que se suelen perder de vista en el análisis meramente económico, como el de las hambrunas prolongadas en países subdesarrollados y el cada vez más visible problema de los refugiados y desplazados climáticos.

3.2. PREÁMBULO.

3.2.1. El Club de Roma y sus "Límites del Crecimiento"

En 1972 el Club de Roma publicó "The Limits to Growth"[301], un estudio pionero en el campo de la creación de modelos de crecimiento de largo plazo que tomaran en cuenta los movimientos de larga duración del desarrollo económico mundial, centrándose principalmente en el movimiento de la población y el uso de recursos como principales variables. En aquel estudio, usando un enfoque de "sistemas dinámicos" y algo de programación computacional que corriera el modelo encontrando relaciones causales entre variables, se modelaban varios "escenarios" en los que se preveía lo que podría suceder en los próximos cien años (a partir de 1972). El libro incluye 12 escenarios posibles en los que se trabajan las mismas variables pero bajo distintos supuestos, algunos escenarios donde se crece más allá de la capacidad de carga del planeta pero donde se implementan algunas tecnologías o políticas para mitigar el daño, o donde la población mundial disminuye su tasa de crecimiento y baja su consumo per cápita mitigando así el impacto, etcétera. Así, hay varios escenarios donde se esperaba que la humanidad pusiera pronta solución al problema del "colapso" planetario, y algunos donde debido a la dinámica de ciertas variables el colapso por sobrecrecimiento (*overshoo*t) se volvía inminente.

Lo que gran parte de los críticos del planteamiento del Club de Roma (en su mayoría economistas neoclásicos) parecían olvidar, en su defensa del argumento de que el capitalismo se autorregula y evita cualquier colapso, era que existían esos once escenarios. La crítica casi invariablemente se enfocó en atacar el planteamiento de uno solo de aquella docena de escenarios, el escenario del "standard run" o el "business as usual" (algo así como "negocios según lo acostumbrado"). En aquel escenario donde la humanidad continuaba creciendo de la misma manera, siguiendo los patrones de consumo y crecimiento observados hasta entonces, el colapso se volvía inevitable hacia la mitad del siglo XXI:

> Es importante notar que la contracción o el colapso no sucede en el modelo porque los recursos físicos que sustentan a la humanidad desaparezcan por completo. Pasa porque la calidad de un recurso declina mientras más y más de él es extraído. En consecuencia, se

[301] Cfr. Meadows, Donella, et al., *The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of Mankind*, Universe Books, New York, 1972.

> necesita más y más inversión (tanto física como financiera) para extraer recursos utilizables de alta calidad de materias primas. Esto desvía recursos de la industria productiva y de la agricultura y eventualmente el proceso se vuelve insostenible.[302]

De esta manera la crítica más dura del modelo erraba realmente el punto de la discusión, es decir, que *no se trataba de hacer predicciones tajantes, sino de hacer múltiples modelos que permitieran preveer situaciones difíciles en los tiempos por venir*. Asimismo, gran parte de la crítica dio por muerto el estudio del Club de Roma hacia los años noventas argumentando que sus predicciones no se habían cumplido, cuando en realidad lo que sucedió es que once de los doce escenarios no resultaron ciertos porque la humanidad decidió seguir el camino del "business as usual", y aún así la crítica argumentaba que tal escenario también había fracasado porque la humanidad no había colapsado hacia fines del siglo XX,[303] cuando en realidad el modelo se extendía hasta bien entrado el siglo XXI (fecha que aún no se cumple):

> Muchos críticos argumentaban que los *Límites del Crecimiento* no daban suficiente crédito a la adaptabilidad e ingenio humanos, ignorando la habilidad de la humanidad de desarrollar soluciones tecnológicas a sus problemas. Estas evaluaciones tendían, sin embargo, a enfocarse en la proyección del 'standard run' - sin considerar el hecho de que muchos de los otros 11 escenarios permitían un nivel mucho mayor de adaptación tecnológica … En los 1990s, la crítica tendió a enfocarse en la malinterpretación de que los *Límites del Crecimiento* predijeron agotamiento mundial de recursos y colapso social para el final del año 2000.[304]

A pesar de las duras críticas y descalificaciones durante las últimas tres décadas del siglo XX, el Club de Roma continuó haciendo actualizaciones periódicas de su modelo. Cuando fue publicado el trabajo original en 1972 una de las conclusiones del libro era que el mundo aún se encontraba en un lugar seguro, no se había cruzado el umbral de la capacidad

---

[302] Jackson, Tim, et al., *Limits Revisited: a review of the limits to growth debate*, APPG, April, 2016, p. 7.

[303] Para una revisión de cómo la crítica especializada constantemente malinterpretó el informe del Club de Roma pensando que se había *predicho* el colapso para fines del siglo XX, véase: Turner, Graham, *A comparison of the Limits to Growth with thirty years of reality*, CSIRO Working Papers, Canberra, 2008.

[304] Jackson, Tim, et al., *Limits Revisited: a review of the limits to growth debate*, APPG, April, 2016, p. 7.

de carga del planeta. Sin embargo, en la actualización de 1992[305] la situación había cambiado y se concluía que la humanidad no había desviado el rumbo del escenario estándar y se había movido muy cerca de la insustentabilidad, algo que la explosión de movimientos ecologistas de la época ya comenzaba a notar. Para la actualización de 2004[306] la situación se había vuelto más complicada y los autores del reporte se mostraban más pesimistas que lo que el escenario de 1972 les permitiera vislumbrar, en dicho reporte presentan 10 nuevos escenarios que incluyen algunas variables "optimistas" para el nuevo mundo, empero, la mayoría de los escenarios llevan al colapso.

> Aunque los últimos 30 años han demostrado algún progreso, incluyendo nuevas tecnologías, nuevas instituciones y nueva consciencia de problemas ambientales, los autores son mucho más pesimistas de lo que eran en 1972. La humanidad ha desperdiciado la oportunidad de corregir nuestro curso actual a lo largo de los últimos 30 años, concluyen, y mucho debe cambiar si el mundo quiere evitar las serias consecuencias del sobrecrecimiento en el siglo 21.[307]

En general la principal crítica lanzada a los autores de *Los Límites del Crecimiento* fue que subestimaban la capacidad de la tecnología de contrarrestar la debacle, alegando que se podían crear tecnologías más efectivas energéticamente con menor huella ambiental y nuevos sustitutos para los recursos por agotarse, además de la flexibilidad de los mercados para adaptarse a la escasez de recursos a través del mecanismo de precios. El problema según los miembros del Club de Roma, muy en la tónica marxista, es que la tecnología y los mercados responden a intereses económicos de élites que buscan enriquecerse, por lo que desarrollan tecnología y mecanismos de mercado no para prevenir el desastre sino para fomentar la generación de ganancias:

> Una razón por la que es improbable que la tecnología y los mercados prevengan el sobrecrecimiento y el colapso es que la tecnología y los mercados son meramente herramientas para servir a las metas de la sociedad como un todo. Si las metas implícitas de la sociedad son explotar la naturaleza, enriquecer a las élites, e ignorar el largo plazo, entonces la sociedad

[305] Cfr. Meadows, Donella, et al., *Más allá de los límites del crecimiento*, El País/Aguilar, Madrid, 1992.
[306] Cfr. Meadows, Donella, et al., *Limits to growth: the 30-year update*, Earthscan, London, 2004.
[307] Meadows, Donella, A synopsis: Limits to Growth: The 30-Year Update, 2004, pp. 1-2, en: http://donellameadows.org/archives/a-synopsis-limits-to-growth-the-30-year-update/

> desarrollará tecnologías y mercados que destruyan el ambiente, incrementen la brecha entre ricos y pobres, y optimicen para la ganancia del corto plazo. *En síntesis, la sociedad desarrolla tecnologías y mercados que apuran el colapso en vez de prevenirlo* … La segunda razón para la vulnerabilidad de la tecnología es que los mecanismos de ajustes tienen costos. Los costos de la tecnología y el mercado son estimados en recursos, energía, dinero, trabajo y capital.[308]

Ya habrá tiempo de explicar este fenómeno en próximos apartados, en realidad no es tan difícil explicar por qué en un contexto de mayor eficiencia energética y desarrollo de tecnologías con menor huella ecológica la debacle continúa acelerándose, es básicamente un problema de escala y necesidad de incrementar las ganancias en contextos de aumento del costo de materias primas, trabajo e impuestos; entre algunos otros problemas de crecimiento. Ya abordaremos eso cuando investiguemos los problemas del desarrollo sustentable en un contexto capitalista. Por lo pronto podemos adelantar lo que los datos de más de cuatro décadas han comprobado en relación al pronóstico del Club de Roma.

> Las advertencias que recibimos en 1972 de LTG [*Limits to Growth*] se están volviendo cada vez más preocupantes ya que la realidad parece estar siguiendo muy de cerca a las curvas que los escenarios de LTG habían generado. Varios eventos recientes pueden ser vistos como pistas ominosas de que el colapso de la economía del mundo previsto por la mayoría de los escenarios de LTG puede estar a la vuelta de la esquina.[309]

Ahora, en la segunda década del siglo XX parece que ya contamos con suficientes investigaciones que comprueban que el modelo original de 1972 del "business as usual" se ha ido cumpliendo al menos en sus supuestos básicos:

> La actualización de treinta años de *Limits to Growth*, publicada por el Club de Roma en 2004, y dos subsecuentes estudios de modelado en 2008 y 2014 de la Universidad de Melbourne concluyeron que el mundo está siguiendo la proyección del 'standard run' de *Limits to Growth*. Datos históricos de publicaciones que incluyen a las Naciones Unidas y la base de datos Earthwatch del World Resources Institute muestran que la población mundial y la economía se ha desarrollado de acuerdo a los patrones que los investigadores modelaron en 1972.[310]

---

[308] Meadows, Donella, A synopsis: Limits to Growth: The 30-Year Update, 2004, p. 5, en: http://donellameadows.org/archives/a-synopsis-limits-to-growth-the-30-year-update/

[309] Bardi, Ugo, *The Limits to Growth Revisited*, Springer, New York, 2011, p. 3.

[310] Jackson, Tim, et al., Limits Revisited: a review of the limits to growth debate, APPG, April, 2016, p. 8.

Lo cerca que las curvas del colapso predichas por el Club de Roma han estado con respecto a la realidad de las últimas décadas en verdad hace que sea difícil explicar cómo es que este trabajo tan importante para las ciencias sociales y económicas haya sido sistemáticamente olvidado en la mayoría de las discusiones académicas sobre desarrollo o crecimiento sustentable, este trabajo debería ser libro de cabecera para todas las discusiones mundiales sobre cómo manejar de la mejor manera el colapso que ya en muchas áreas del planeta es inevitable:

> El destino de este informe, pese a la enorme fama que alcanzó, ha sido un poco curioso. Casi todo el mundo recuerda que se alzó revuelo, pero muy poca gente ha retenido en la cabeza el argumento. Y, sobre todo, se ha dedicado poca atención a revisar sus previsiones. Un somero repaso indica que las cosas han ido muy cercanas a la proyección tendencial simple, a lo que habría sucedido si todas las tendencias registradas se hubiesen mantenido sin alteraciones. La población mundial no ha llegado aún a los 7 mil millones, pero está muy por encima de los 6. El capital ha crecido más o menos según lo previsto. La previsión sobre el uso de minerales no energéticos (cuyo pesimismo motivó muchas de las descalificaciones iniciales) fue sin duda la menos ajustada, pero los datos sobre el inminente pico del petróleo y la consiguiente crisis energética … compensan sobradamente los elementos de desacierto respecto a los metales. Las tensiones en la producción de alimentos son visibles. La contaminación ha adquirido formas más dramáticas de las esperadas –en el cambio climático, sobre todo– pero la precisión de las proyecciones es notable: las 380 ppm de CO2 en la atmósfera previstos para el 2000 han sido en realidad 370, según las medidas tomadas en la estación de Mauna Loa … En conjunto, dada la información entonces existente, sorprenden más los aciertos de la proyección que sus desviaciones. O, dicho de otra manera, no cabe sino constatar que las respuestas a la advertencia han sido bastante inoperantes: no es muy sorprendente puesto que en lo fundamental las respuestas han consistido en repetir: ¿límites?, ¿qué límites?[311]

Era de esperarse que ante tales acontecimientos el estudio del trabajo del Club de Roma fuera tomado con mayor seriedad, en años recientes (entrando a la segunda década del siglo XXI) el debate en torno a *Los Límites del Crecimiento* ha cobrado mayor fuerza y ante

[311] García, Ernest, "Los límites desbordados: sustentabilidad y decrecimiento", en: *Trayectorias*, Año IX, Núm. 24, Mayo-Agosto 2007, p. 9. Nota: cabe aclarar que según datos del Banco Mundial en 2015 la población ya habría sobrepasado los 7 mil 300 millones de habitantes en el planeta.

los innegables hechos de un planeta cada vez más insustentable se vuelve necesario entrar a la discusión desde todas las ramas de las ciencias.

> En 2008 el científico australiano Graham Turner ayudó a resucitar [el debate en torno a *Limits to Growth*] al mostrar que el mundo de hecho había seguido el "standard run" (el escenario del business-as-usual de 1972) del modelo de computadora World3 de LTG. Y últimamente, en 2012, la prestigiosa *New Scientist* coronó este proceso al traer la historia de la caída y resucitación de LTG a una mayor audiencia científica.[312]

En muchos sentidos incluso parece que los escenarios originales de *Los Límites del Crecimiento* parecen quedarse cortos, como en el caso del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el agotamiento del fósforo en suelos y la alarmante reducción de tierra libre de uso humano a nivel mundial, por lo que podríamos decir que ahora contamos con variables que empeoran el diagnóstico inicial de 1972:

> En un aspecto al menos, la historia ha resultado ser considerablemente peor que las proyecciones del Club de Roma […] Un largo equipo transdisciplinario liderado por el Dr. Johan Rockström del Stockholm Resilience Centre identificó una serie de nueve procesos ecológicos que regulan la tierra, el océano y la atmósfera […] Para cada proceso identificaron una serie de umbrales más allá de los cuales los humanos causarían cambio ambiental inaceptable […] Una actualización del trabajo en 2015 encontró que cuatro de estos límites planetarios ya habían sido cruzados. Pérdida de biodiversidad, daño a los cíclos del fósforo y el nitrógeno, cambio climático y uso de suelo todos han entrado o pasado más allá de la 'zona de incertidumbre'. Prácticamente nada de esto fue recogido por el reporte original de *Los Límites del Crecimiento*.[313]

En el curso de nuestra investigación ya veremos cómo se compara nuestro análisis con el del Club de Roma, pero en general hay mucho que abonar al debate desde una postura económica marxista, ya que como los mismos autores del reporte lo reconocen, su modelo es una simplificación de la realidad que de manera consciente deja fuera muchos elementos claves para un análisis socioeconómico de corte marxista combinado con el análisis de sistema-mundo de Immanuel Wallerstein como el que se pretende en esta investigación:

---

[312] Randers, Jorgen, *2052: A Global Forecast for the next Forty Years*, Chelsea Green Publishing, Vermont, 2012, p. 307.
[313] Jackson, Tim, et al., *Limits Revisited: a review of the limits to growth debate*, APPG, April, 2016, p. 10.

> Bucles de retroalimentación y relaciones no-lineales hacen a World3 [el modelo computacional de LTG] dinámicamente complejo, *pero el modelo sigue siendo una simplificación de la realidad*. World 3 no distingue entre diferentes partes geográficas del mundo, ni representa separadamente a los ricos de los pobres. Mantiene registro de sólo dos contaminantes agregados, que se mueven a través de y afectan al ambiente de maneras que son típicas de cientos de contaminantes que la economía de hecho emite. Omite las causas y consecuencias de la violencia. Y no hay capital militar o corrupción explícitamente representada en World3. Incorporar tantas distinciones, sin embargo, no harían al modelo necesariamente mejor. Y lo harían mucho más difícil de comprender […] Esto probablemente hace a World3 altamente optimista. No tiene sector militar que drene capital y recursos de la economía productiva, no tiene guerras que maten gente, destruyan capital, devasten tierras o generen polución. No tiene conflictos étnicos, ni corrupción, ni inundaciones, terremotos, accidentes nucleares, o epidemias de SIDA. El modelo representa las posibilidades principales para el mundo "real".[314]

Además, el modelo de *Limits to Growth* no contempla algunos otros escenarios que parecen estar jugando un papel determinante a la par, esto es, la caída tendencial de la tasa de ganancia (o del retorno sobre el capital como lo llama Thomas Piketty) en la larga duración, y la entrada a una época de bajo crecimiento económico y ganancias reducidas para el capital que ya varios autores han comenzado recientemente a llamar el "estancamiento secular". Sobre estos otros escenarios que jugarán un papel central en el análisis que hagamos en esta investigación es de lo que hablaremos en próximos apartados.

3.3. LA IMPOSIBILIDAD DE UN CAPITALISMO VERDE.

3.3.1. La Paradoja de Jevons.

Allá por los años de gloria del Imperio Británico, hacia finales del siglo XIX, uno de los primeros economistas neoclásicos, de nombre William Stanley Jevons, escribió un libro intitulado "*The Coal Question*" (1865) que con los años se convertiría en una de las piedras fundacionales de la economía ambiental. En dicho libro intentaba predecir el futuro del Imperio Británico en términos de hegemonía mundial en el dado caso de que sus reservas de carbón comenzaran a agotarse. Jevons alegaba que en un plazo no muy largo Gran Bretaña

[314] Meadows, Donella, A synopsis: Limits to Growth: The 30-Year Update, 2004, p. 4, en: http://donellameadows.org/archives/a-synopsis-limits-to-growth-the-30-year-update/

perdería su empuje industrial debido al inevitable agotamiento de las reservas de carbón, el cual era la principal fuente de energía por aquella época. Alegaba además que el estancamiento económico era un destino inevitable dado que tampoco un sustituto energético ni nuevas tecnologías podrían alterar este destino, pero ‹‹Jevons estaba asombrosamente equivocado en sus cálculos. Su principal error fue subestimar la importancia de los sustitutos del carbón como el petróleo y el poder hidroeléctrico ››.[315]

Sin embargo, uno de los capítulos del libro continúa dando de qué hablar, el capítulo VII de nombre "*Of the Economy of Fuel*" contiene uno de los planteamientos más relevantes de la moderna ciencia económica-ambiental, a saber, que *conforme la eficiencia en el uso de un recurso natural o energético se incrementa también se incrementa su consumo* en términos de escala, es decir, ante un abaratamiento de los costos de producción debido al incremento en la eficiencia energética los capitales son incentivados a invertir más en la expansión de la producción, lo que en los hechos *incrementa el consumo total de recursos en vez de disminuirlo* como el sentido común podría llegar a pensar; a esto es a lo que se conoce como *La Paradoja de Jevons*. Sólo con el afán de dejar bien asentada la acepción original desarrollada por Jevons creo que conviene citarlo:

> *Es totalmente una confusión de ideas suponer que el uso eficiente del combustible equivale a una disminución en el consumo. Lo absolutamente contrario es lo cierto* […] Si la cantidad de carbón utilizado en un horno, por ejemplo, disminuye en comparación al rendimiento, las ganancias del comercio se incrementarán, nuevo capital será atraído, el precio del arrabio (pig-iron) caerá, pero su demanda se incrementará; y eventualmente el mayor número de hornos más que compensará por la disminución del consumo individual de cada uno. Y si tal no es siempre el resultado dentro de una rama, debe recordarse que el progreso de cualquier rama de la manufactura promueve una nueva actividad en muchas otras ramas, y lleva indirectamente, si no directamente, a extracción incrementada de nuestras vetas de carbón […] Es la misma economía del uso del carbón lo que hace a nuestra industria lo que es; y entre más la hacemos

[315] Clark, Brett, y Foster, Bellamy John,"William Stanley Jevons and the Coal Question: An Introduction to Jevons's "Of the Economy of Fuel", en: Organization & Environment, Vol. 14 No. 1, March 2001, p. 94.

> eficiente y económica, más prosperará nuestra industria, y nuestros trabajos de civilización crecerán.[316]

Es un planteamiento sencillo pero poderoso, y sin embargo fue olvidado durante buena parte del siglo XX debido principalmente a que los pronósticos iniciales de Jevons sobre las consecuencias del agotamiento del carbón resultaron ser falsas. Así, durante la primera mitad del siglo XX y antes de que la crisis ambiental empezara a visibilizarse la Paradoja de Jevons fue apartada de las discusiones económicas convencionales. Pero conforme la expansión capitalista hacía inevitable la discusión del futuro del planeta, en particular luego de la publicación del reporte del Club de Roma sobre los Límites del Crecimiento en 1972, el planteamiento de Jevons fue resucitado de entre los muertos. Fueron Leonard Brookes y Daniel Khazzoom quienes se encargaron de revivir el debate hacia finales de los años setenta del siglo pasado, sin embargo, entre la comunidad académica se empezó a conocer el fenómeno con el nombre de "El Efecto Rebote" (Rebound Effect) o como "El Postulado Khazzoom-Brookes", fallando en darle el debido crédito a Jevons. Quien bautizó al fenómeno como "postulado Khazzoom-Brookes" fue un tal Harry D. Saunders, quien en 1992 demostró que el fenómeno se cumplía incluso bajo los postulados de la teoría neoclásica y bajo una gran variedad de supuestos.

> El sentido común dice que las ganancias en eficiencia energética reducirían la demanda de energía debajo de donde estarían de otra manera. Esto parece tan evidente que las políticas energéticas de la mayoría de los países -sin mencionar los pronósticos de la industria petrolera y muchos escritos académicos- lo toman como un hecho indiscutible […] Este ensayo lleva el enfoque macroeconómico al extremo y se pregunta lo que la teoría neoclásica del crecimiento tiene que decir acerca de este asunto. La teoría neoclásica del crecimiento permite el análisis del factor uso, factor eficiencia, y factor de la dinámica de crecimiento a un nivel muy agregado, a través de todos los sectores, y a través de un horizonte de tiempo de varias décadas. Los resultados, que fueron una sorpresa para mí, parecen dar un considerable apoyo al postulado Khazzoom-Brookes e incluso extender su alcance.[317]

---

[316] Jevons, William Stanley, *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines*, The Macmillan Company, New York, 1906, pp. 140-142.

[317] Saunders, Harry D., "The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth," en: The Energy Journal, 1992, vol. 13, issue Number 4, pp. 131-148.

Con el nuevo nombre de "efecto rebote" comenzaron a salir artículos que si bien no podían negar la existencia de dicho fenómeno, lo clasificaban de "insignificante" aún cuando en su mayoría no eran análisis de la economía en su conjunto, sino sólo de ciertas ramas o ciertas tecnologías.[318] Incluso en algunos de los trabajos que citaré aquí que sí hacen referencia explícita a la Paradoja de Jevons, en general los autores no se atreven a decir que este fenómeno es propio de la dinámica del capitalismo, y en general recurren a la vieja fórmula de aclarar que con políticas adecuadas se puede lograr una situación en la que la Paradoja o el efecto rebote dejen de existir, por lo que el problema no sería en el fondo económico, sino político o de "decisiones del consumidor", muy en la tónica del discurso del Desarrollo Sustentable.

> La mayoría de los análisis de la Paradoja de Jevons permanecen abstractos, basados en efectos tecnológicos aislados, y removidos del proceso histórico. Fallan en examinar, como Jevons mismo lo hizo, el carácter de la industrialización. Además, están muy lejos de un entendimiento realista del carácter basado en la acumulación del desarrollo capitalista. Un sistema económico dedicado a las ganancias, la acumulación, y la expansión económica sin fin tenderá a utilizar todas las ganancias en eficiencia o reducción de costos para expandir la escala de la producción en general […] Cualquier desaceleración en este proceso de destrucción ecológica, bajo el sistema actual, grita desastre económico. [319]

Ahora, no es difícil encontrar pruebas por aquí y por allá de la existencia de la Paradoja de Jevons, o del efecto rebote, o del postulado Khazzoom-Brookes o como quiera llamársele, podemos empezar por hacer referencia a algunos casos particulares. Por ejemplo, en el caso de la agricultura existen pruebas de que mejoras en las técnicas de producción no llevan en realidad a una disminución del ritmo de expansión de la superficie agrícola. El discurso de la agricultura sustentable aboga por la "intensificación" de la agricultura más que por su expansión, dado que si un mismo trozo de tierra logra dar más producto con menos inversión no habría necesidad de buscar nuevas tierras cultivables y así se evitaría la

[318] Cfr. Alcott, Blake, "Historical Overview of the Jevons Paradox in the Literature", en: Polimeni, et al., *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, Earthscan, London, 2008, p. 8.
[319] Foster, John Bellamy, et al., "Capitalism and the Curse of Energy Efficiency: The Return of the Jevons Paradox", en: *Monthly Review;* Nov 2010; 62, 6; Research Library, pp. 9-11.

deforestación. Bajo un contexto capitalista lo contrario ha resultado ser cierto al menos en el caso particular de varios países sudamericanos:

> Combinamos datos de la FAO y del Banco Mundial para seis países tropicales Suramericanos a lo largo del periodo 1970-2006 […] Investigamos si la intensificación agrícola, en conjunto con factores gubernamentales, ha estado promoviendo la expansión agrícola, llevando a una "paradoja de Jevons". La paradoja ocurre si un incremento en la productividad de un factor (aquí la tierra agrícola) lleva a su utilización incrementada, más que a su reducción. Encontramos que para valores altos de nuestros indicadores gubernamentales una paradoja de Jevons existe aún para niveles moderados de productividad agrícola, llevando a una expansión general del área agrícola.[320]

Así, podemos ver que la paradoja de Jevons puede existir para la utilización de cualquier recurso, no sólo existe para el caso de los energéticos más obvios como el petróleo. Y si llevamos el análisis a algo más macro, abarcando varios sectores de la economía, también existen estudios que demuestran la existencia de la Paradoja de Jevons para países o regiones enteras. Por ejemplo, para Reino Unido:

> Se presenta una teoría acerca de lo que causa la Paradoja de Jevons, en la cual los ahorros en eficiencia energética son eventualmente sobrepasados por incrementos en el consumo para producir un incremento neto en el uso de recursos y por tanto impactos ambientales. Una aplicación de la teoría se realizó usando dinámica de sistemas, modelando las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO_2-eq) del transporte privado carretero en Reino Unido entre 1970 y 2010. Los resultados del modelo indican el impacto aproximado de la Paradoja de Jevons dentro del periodo histórico: un incremento en el consumo de viaje de aproximadamente la mitad y un incremento en las emisiones de CO_2-eq de aproximadamente un tercio.[321]

O para el caso de Escocia:

> Encontramos que para Escocia una mejora general en la eficiencia energética en los sectores productivos de la economía inicialmente produce efectos rebote que eventualmente terminan siendo contraproducentes. El consumo de energía al final se incrementa en respuesta a una

[320] Ceddia, M. G., "Sustainable agricultural intensification or Jevons paradox? The role of public governance in tropical South America", en: *Global Environmental Change*, Volume 23, Issue 5, October 2013, p. 1052.
[321] Rachel Freeman, Mike Yearworth, and Chris Preist, "Revisiting Jevons' Paradox with System Dynamics: Systemic Causes and Potential Cures", en: *Journal of Industrial Ecology*, Volume 20, Number 2, 2015, p. 341.

ganancia en eficiencia y la proporción entre PIB y emisiones de CO_2 cae. Los factores económicos que subyacen a los efectos rebote son bastante directos: las mejoras en eficiencia energética resultan en un corte efectivo de los precios de energía, lo que produce producto, sustitución, competitividad y efectos de ingreso que estimulan las demandas de energía.[322]

Pero también es posible llevar el análisis a regiones enteras, John M. Polimeni en un artículo de 2006 demuestra a grandes rasgos que la Paradoja de Jevons puede existir a nivel macro para seis regiones del mundo analizadas: América del Norte, América Central y Suramérica, Europa Occidental, Asia, África, y Medio Oriente.[323] Y en un libro de 2008 añade aún más evidencia empírica que confirma que en las regiones más dinámicas del mundo capitalista la eficiencia energética va acompañada de sustanciales incrementos en el consumo de recursos. Por ejemplo en Estados Unidos:

> El consumo energético en los Estados Unidos se incrementó cerca de 100 porciento de 1960 a 2004 […] al mismo tiempo […] los Estados Unidos experimentaron un boom tecnológico, con la intensidad energética decreciendo 113 porciento durante el periodo de 45 años.[324]

O en Europa:

> Europa, definida por los dieciséis países seleccionados, vio un incremento general en consumo energético […] Al mismo tiempo que la región vio un incremento en consumo energético, la intensidad energética durante el periodo de 25 años decreció.[325]

En Asia:

> En este caso de estudio 12 de las más grandes economías en Asia son investigadas […] cada uno de los países incluidos en este caso de estudio experimentaron un incremento en consumo de energía de 1980 a 2004. Al mismo tiempo que la región estaba consumiendo más energía, las economías más grandes estaban pasando a través de un periodo de mejora en eficiencia energética. Sin embargo, siete de los países sí experimentaron un leve incremento en intensidad energética.[326]

---

[322] Hanley, Nick, et al., "Do increases in energy efficiency improve environmental quality and sustainability?", en: *Energy Policy,* Volume 37, 2009, p. 692.
[323] Cfr. Polimeni, John, et al., "Jevons' Paradox and the myth of technological liberation", en: *Ecological Complexity*, Volume 3 (2006), pp. 344–353.
[324] Polimeni, John M., "Empirical Evidence for the Jevons Paradox", en: Polimeni, et al., *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, Earthscan, London, 2008, p. 152.
[325] Ibid., p. 155.
[326] Ibid. p. 160.

Aún con esta increíble cantidad de evidencia el pensamiento convencional se niega a aceptar la causalidad entre mejoras en eficiencia energética e incremento del consumo y algunos autores pretenden ignorar el hecho o adjudicar el fenómeno a causas políticas o sencillamente a que aún falta camino por recorrer en la senda de las mejoras tecnológicas que nos han de liberar. Sin embargo, ‹‹aunque la evidencia a favor de la 'Paradoja de Jevons' está lejos de ser concluyente, sí sugiere que los efectos rebote de la economía en general son más grandes de lo que es convencionalmente asumido y que la energía juega un papel más importante en impulsar la productividad, mejoras, y crecimiento económico de lo que es convencionalmente asumido››.[327] Así pues, a pesar de que la existencia de la Paradoja de Jevons es poco conocida fuera de ciertos círculos académicos, es necesario tomar el planteamiento con seriedad ya que en caso de que el fenómeno en realidad exista (y yo creo que es así) debemos empezar a cuestionar la idea de que el desarrollo tecnológico por sí mismo nos va a salvar del desastre. Debemos asumir que bajo un panorama regido por un sistema económico basado en la generación de ganancias donde la doctrina del crecimiento económico es ley, la tecnología sólo es una herramienta para la reproducción del sistema a escalas cada vez más grandes y no un medio para emancipar al trabajo y generar cada vez menos consumo.

3.3.2. El mito de la "eficiencia, la sustitución y la innovación" como panacea.

A estas alturas del partido sería imposible negar que el consumo de energía a nivel mundial no ha dejado de incrementarse, la tendencia ha sido la misma durante al menos 200 años, sin embargo, la mayoría de los analistas y académicos que abordan temas de desarrollo sustentable y políticas energéticas parecen creer que crecimiento económico y consumo de energía no tienen una relación de causalidad inmediata e infranqueable, es decir, que el crecimiento económico puede desacoplarse del consumo energético debido a la magia de las nuevas tecnologías. Así, el discurso dominante es aquel en que la "eficiencia" puede salvar al mundo de los problemas de la destrucción ambiental. Sin embargo, a pesar de las comprobadas mejoras en eficiencia energética en la mayoría de los países desarrollados, el

[327] Sorrell, Steve, "Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency", en: Energy Policy, Volume 37 (2009), p. 1456.

consumo energético no parece que vaya a disminuir, al contrario, la tendencia histórica parece augurar que continuará creciendo a ritmos alarmantes, tal como lo prevé la OCDE:

> El consumo energético se incrementará agudamente, impulsado por el crecimiento poblacional y económico. Basándonos en políticas gubernamentales existentes y planeadas […] se espera que la demanda global de energía primaria se incremente 37% entre 2012 y 2040. La mayor parte de esta demanda incrementada puede adjudicarse al crecimiento económico en las economías socias de la OCDE, particularmente en Asia, que será responsable de alrededor del 60% del consumo global de energía.[328]

Pero a pesar de estos augurios la OCDE parece permanecer optimista, reproduciendo el discurso de la eternamente esperada innovación tecnológica que nos salvará a todos, así, alegan en el mismo reporte que ‹‹nuevo conocimiento en STI [ciencia, tecnología e innovación, por sus siglas en inglés] podría mejorar el monitoreo, manejo y productividad de los recursos naturales y, en última instancia, desacoplar el crecimiento económico de su agotamiento››.[329] Deberíamos hacer énfasis en la palabra "podría", pero nada en el extenso reporte de la OCDE parece proponer alternativas serias a la problemática, todo queda en la esperanza en la salvación tecnológica a la par que se niegan a escindirse del discurso del crecimiento económico que hasta el momento no ha dado evidencia de poder existir sin la expansión constante en la utilización de recursos naturales, incluso en un contexto de mejoras tecnológicas y energéticas.

Lo que organizaciones como la OCDE y la ONU parecen negarse a aceptar es que también existen límites a la eficiencia, demasiada eficiencia a la larga también es problemática para el capital ya que las mejoras tecnológicas a la larga llevan a crear un escenario en que las mercancías se abaratan demasiado y para compensar la caída individual de precios es necesario aumentar la cantidad absoluta de productos, lo que lleva a una mayor expansión y uso de recursos (básicamente la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia descrita por Marx que como vemos se complementa bastante bien con la Paradoja de Jevons). Así, hay que entender que la eficiencia también tiene sus límites, y bajo un

[328] OECD (2016), *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*, OECD Publishing, Paris, p. 34.
[329] Ibid., p. 31.

contexto capitalista lo que subyace es la búsqueda de ganancias y de incentivo al consumo, no la mejora energética para dejar de consumir.

> Al mismo tiempo, es importante tener un entendimiento realista de los límites de la eficiencia. Impulsar la eficiencia energética requiere de inversión, y las inversiones en eficiencia energética eventualmente llegan a un punto de disminución en retornos. Así como hay límites a los recursos, también hay límites a la eficiencia. La eficiencia puede ahorrar dinero y llevar al desarrollo de nuevos negocios e industrias. Pero el potencial tanto para los ahorros como para el desarrollo económico es finito […] eventualmente llegaremos a un punto en que el costo de la siguiente mejora sea mayor que su valor […] para muchos productos de consumidor este estadio fue alcanzado hace décadas.[330]

Y lo que es más, la eficiencia energética de los principales recursos energéticos ha dejado de avanzar a pasos tan agigantados como en el pasado, por pura lógica o con un sencillo conocimiento de las leyes de la termodinámica es bastante obvio que la eficiencia en la utilización de recursos no puede crecer al infinito, debe llegar un momento en que el crecimiento en eficiencia llegue a un equilibrio o que incluso comience a decaer (como ha sido el caso con los hidrocarburos que conforme se agotan hacen necesario extraer energéticos de menor calidad o de mayores costos de extracción, algo que veremos en el próximo capítulo).

> Hace cien años, la producción de electricidad, a lo más era un 5-10 porciento eficiente. Por cada unidad de combustible utilizada, entre 0.05 y 0.1 unidades de electricidad eran producidas. Hoy, la eficiencia global promedio de la generación de electricidad se acerca al 35 porciento y se ha mantenido ampliamente inalterada por los últimos 40 años. Esto puede parecer una sorpresa dado la común percepción de que la tecnología ha continuado mejorando ε_{SS} [eficiencia energética del lado de la oferta] y la continuará mejorando en el futuro […] En otras palabras, muchas de las tecnologías que conforman el sistema global de energía son tecnologías maduras y sus eficiencias actuales están en o casi en sus máximos prácticos […] la segunda ley de la termodinámica, es una de las leyes físicas más fundamentales; plantea que la conversión

[330] Heinberg, Richard, *The End of Growth: adapting to our new economic reality*, New Society Publishers, Canada, 2011, Chapter 4.

> energética siempre involucra pérdidas por disipación (un incremento en la entropía). Como tal, ninguna conversión puede llegar a ser 100 porciento eficiente.[331]

Así, buena parte de la esperada salvación tecnológica que continuará eficientando el uso de energéticos hasta el infinito no es más que una imposibilidad física y es obvio que producir bienes de consumo que en su producción ahorren tanta energía que su costo casi llegue a cero no es precisamente algo benéfico para el capital. Pero recordemos que los paladines de la salvación tecnológica no sólo se amparan en el argumento de la creciente eficiencia tecnológica, sino que cuando se ven acorralados por los argumentos antes expuestos de inmediato hacen alusión a otro de sus conceptos bandera: la sustitución de energéticos. La idea es que nuevas fuentes de energía más limpias y eficientes logren mantener el crecimiento económico con la ventaja de promover un "crecimiento limpio", si es que tal cosa es posible. Sin embargo, ‹‹esas fuentes alternativas de energía que no recaen en energía fósil son imprácticas en el momento debido a su bajo retorno energético sobre la inversión (EROI) al considerar la evaluación de todo su ciclo de vida››.[332] Poniendo como ejemplo a los biocombustibles, en particular el etanol, uno de los sustitutos energéticos de los cuales más se ha hablado, resulta que su eficiencia energética apenas si compensa el gasto energético que se hizo en su producción, eso sin tomar en cuenta que la producción de biocombustibles requiere de amplias extensiones de tierra fértil que dejan de ser utilizadas para el cultivo de alimentos, y sin tomar en cuenta el daño ambiental que las técnicas modernas de la agricultura intensiva tienen sobre el ambiente:

> Esto significaba que el etanol no era en realidad una fuente de energía real; hacerlo era sólo una manera de tomar combustibles existentes (petróleo y gas natural) usándolos (en la forma de combustible de tractor, fertilizante, y combustible para plantas de destilación) para producir un combustible diferente que podía ser utilizado para el mismo propósito que la gasolina. Expertos argumentaron en varios sentidos: un crítico dijo que el balance de energía del etanol de maíz de hecho era negativo (menos de 1:1) - lo que significaba que el etanol era una propuesta perdedora en una base de energía neta. Pero luego un estudio de la USDA aseguró que había un balance positivo de energía de 1.34:1. Otros estudios daban números ligeramente

[331] Simms, Andrew, et al., *Growth isn't possible: why we need a new economic direction*, New economics foundation, London, 2010, p. 102.
[332] Polimeni, et al., *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, Earthscan, London, 2008, p. 175.

> diferentes (las diferencias tenían que ver con decidir qué insumos energéticos deberían ser incluidos en el análisis). Desde una perspectiva más amplia, estas discusiones sobre la precisión de los decimales era absurda: en su auge, el petróleo había disfrutado de un EROEI de 100:1 ó más, y es claro que para que una sociedad industrial funcione necesita fuentes primarias de energía con un EROEI mínimo de 3:1, por ejemplo, aproximadamente un tercio de todos los esfuerzos de la sociedad tendrían que estar dedicados sólo a obtener la energía con la cual realizar todas las otras cosas que una sociedad debe hacer.[333]

Así pues, aunque existan muchos sustitutos al petróleo y haya una que otra alternativa en el horizonte que se plantee sustituir a la energía fósil, la realidad es que las energías renovables apenas si han podido afectar al mercado global de energéticos, y como veíamos en el apartado anterior, la mejora en eficiencia energética por sí sola no quiere decir que el consumo de energía y de recursos vaya a disminuir. Sin embargo, esto no quiere decir que en el futuro no vayamos a presenciar un incremento en la sustitución de recursos, más si tomamos en cuenta que muchos de ellos están a punto de agotarse (como analizaremos en el próximo capítulo), pero ‹‹en los casos más importantes (incluyendo el petróleo), los sustitutos probablemente serán inferiores en términos de desempeño económico y por ello no apoyarán el crecimiento económico››.[334] De ahí que todas las grandes potencias económicas del orbe se encuentren actualmente en una carrera por asegurar la autonomía energética intentando controlar lo que queda de recursos, es de notar que más allá de buscar alternativas energéticas (que al momento son inferiores en desempeño respecto al actual patrón energético) todos estos países se han abocado a buscar la manera de acaparar lo que queda en afán de continuar con el crecimiento económico desbocado:

> El impulso actual es también diferente de aquellos del pasado por la súbita emergencia de poderosos nuevos competidores en la cacería global de recursos. Hasta relativamente reciente, la búsqueda de energía y recursos minerales en ultramar era básicamente la prerrogativa de algunas potencias industriales establecidas, lideradas por los Estados Unidos, Japón, Alemania, Gran Bretaña, y Francia. Estos países dominaron los mercados mundiales de mercancías y eran responsables de la masa de inversión extranjera en proyectos de búsqueda de recursos a gran escala en África, América Latina, y el Medio Oriente. Pero ahora, debido a sus impresionantes

[333] Heinberg, Richard, *The End of Growth: adapting to our new economic reality*, New Society Publishers, Canada, 2011, Chapter 4.
[334] Ibídem.

> tasas de crecimiento económico, potencias asiáticas como China, India, Corea del Sur, y Taiwán se han convertido en importantes consumidores de recursos. China, por ejemplo, es ahora el líder mundial en consumo de carbón, hierro, cobre, y aluminio, y el segundo líder en consumo de petróleo. Como las viejas potencias industriales, estas nuevas potencias económicas están contribuyendo al rápido agotamiento de los depósitos de recursos existentes y al impulso para penetrar y explotar las últimas reservas no desarrolladas del planeta.[335]

De esta manera nos enteramos que más allá de las promesas prometeicas de la tecnología la realidad expansiva del sistema capitalista empuja a un crecimiento constante que no ha parado en más de dos centurias, sin embargo, de continuar las tendencias actuales parece que en no más de unas cuantas décadas el capitalismo comenzará a toparse con importantes trabas a su crecimiento dado la finitud del planeta en que vivimos (sin tomar en cuenta el cambio climático).

3.4. COSTOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA.

3.4.1. Sobre la Tasa de Retorno Energético.

Tal como vimos en capítulos anteriores uno de los principales problemas con los que se enfrenta el proceso de reproducción capitalista es el de la capacidad de los energéticos disponibles de impulsar la producción a escalas adecuadas a las necesidades de valorización del sistema. El petróleo ha sido el alma del capital durante un par de siglos y es la principal causa de la rápida expansión capitalista por el orbe, sin embargo todas las cosas buenas llegan a su fin y lamentablemente (para el capital) los hidrocarburos comienzan a llegar a sus límites productivos por lo que hacia finales de este siglo será necesario (por no decir inevitable) cambiar de patrón energético. El problema, como vimos, es que no todas las alternativas energéticas que se vislumbran en el horizonte poseen la misma capacidad energética de los hidrocarburos.

Esta "capacidad energética" de cada tipo de energético (valga la redundancia) suele medirse utilizando la *Tasa de Retorno Energético* (EROI o EROEI, por sus siglas en inglés),

[335] Klare, Michael T., *The race for what's left: the global scramble for the world's last resources*, Metropolitan Books, United States, 2012. Introducción.

la cual se calcula dividiendo la energía obtenida en la explotación de un energético sobre la energía consumida en la producción de dicho energético:

$$EROEI = \frac{energía\ obtenida}{energía\ invertida}$$

Lo cual quiere decir que, por ejemplo, si un barril de petróleo genera (en un caso hipotético) 40 J de energía al ser explotado pero en su producción se necesitaron 20 J, la tasa de retorno energético sería de 2, es decir, que por cada unidad invertida se obtiene el doble de lo que se ocupó en su producción; esto se expresaría como un EROEI de 2:1. Ahora bien, existen distintas maneras de hacer el cálculo del EROEI estableciendo límites a lo que se considera como "energía invertida", es decir, si se considera sólo hasta el momento de la extracción ($EROEI_{estándar}$), si se incluyen gastos como transporte y refinación ($EROEI_{punto\ de\ uso}$), o si se considera hasta el momento en que ya es energía útil para lo sociedad ($EROEI_{extendido}$).[336]

Cabe mencionar que también existe el enfoque de la *Ganancia Energética Neta* (NEG, por sus siglas en inglés), la cual no se refiere a una proporción sino a términos absolutos, a la cantidad real de energía total obtenida una vez descontado el gasto en producirla:

$$NEG = energía\ obtenida - energía\ invertida$$

Podríamos decir que el EROEI se centra en la eficiencia de un recurso energético, es una *tasa*, por lo que permite entender el problema en términos *relativos* o de proporciones. El NEG, por su parte, permite un análisis en el que se avalúa en términos *absolutos* la energía obtenida para discernir la viabilidad o conveniencia de dedicar esfuerzo a la obtención de una energía que en términos relativos no parece ser muy conveniente (por ejemplo de energías renovables). Ambos enfoques no están peleados a la hora de realizar análisis, y aunque en este apartado de la tesis nos enfocaremos en la Tasa de Retorno Energético, «usar el índice EROEI junto con la NEG (un enfoque NEG-EROEI) añade más rigor científico al

[336] Esta metodología "ampliada" para estimar distintos tipos de EROEI y hacer comparables los múltiples estudios al respecto fue apenas propuesta en 2011 y al parecer la mayor parte de los estudios publicados desde entonces ya comienzan a adoptar esta metodología. Véase: David J. Murphy, Charles A. S. Hall, Michael Dale y Cutler Cleveland, "Order from Chaos: A Preliminary Protocol for Determining the EROI of Fuels", en: *Sustainability* 2011, 3, pp. 1888-1907.

análisis insumo-producto dando lugar a un espectro más amplio de análisis para la mejora de la eficiencia de las cadenas de producción de energía».[337] Sin embargo, a la hora de entrar en debate sobre la conveniencia actual del uso de energéticos el puro enfoque NEG resulta muy limitado, dado que en un escenario donde el problema es el crecimiento desatado de la producción mundial, como vimos en el capítulo anterior, pensar en la viabilidad de un energético no muy eficiente pero que en términos de *masa* es muy abundante o pensar que se puede compensar con producción a mayores escalas la baja eficiencia no suena muy saludable en términos del cuidado de la biósfera ni de distribución equitativa de la riqueza.[338]

Asimismo, existe un tipo de medición de EROEI que da cuenta del mínimo nivel de eficiencia energética necesario para que una sociedad funcione ($EROEI_{societal}$), es decir, si por ejemplo el energético principal de una sociedad hipotética tuviera un EROEI de 1:1 significaría que la energía que te da un recurso es la misma que lo que te costó producirla, por lo que esta sociedad hipotética no podría destinar recursos energéticos a ninguna otra actividad productiva, sería producir por el simple hecho de producir. Para ilustrar bien el caso citaré *in extenso* a Charles A. S. Hall, quien acuñara el concepto de EROEI hace ya algunas décadas:

> Piense en una sociedad que depende de una sola fuente de energía: su petróleo doméstico. Si el EROI para este petróleo fuera 1.1:1 entonces uno podría bombear el petróleo fuera del suelo y mirarlo. Si fuera 1.2:1 también podrías refinarlo y mirarlo, 1.3:1 también distribuirlo a donde quieres que se utilice pero todo lo que podrías hacer es mirarlo. Hall et al. (2014) examinaron el EROI requerido para realmente usar una camioneta y encontraron que si la energía incluida era suficiente para construir y mantener la camioneta y los caminos y puentes necesarios para utilizarla (esto es, la depreciación), uno necesitaría al menos un EROI de 3:1 en el pozo para poner una unidad de gasolina en la camioneta. Ahora, si quisiera poner algo en la camioneta, digamos algo de grano, y entregarlo eso requeriría un EROI de, quizá, 5:1 para crecer el grano. Si quisieras incluir la depreciación en el trabajador del pozo petrolero, el trabajador de la refinería, el conductor de la camioneta y el granjero

[337] Olodunsis Arodudu, Alexey Voinov, Iris van Duren, "Assesing bioenergy potential in rural areas – A NEG-EROEI approach", en: *Biomass and Bioenergy* 58 (2013), p. 362.
[338] No deja de ser sugerente el paralelismo entre esta idea y el postulado de Marx (véase capítulo 1) de que ante la baja tendencial de la tasa de ganancia los capitales intentan compensar esta caída de la ganancia en relación a la inversión con producción incrementada que aumenta la *masa* de ganancias, lo que, como vimos, lleva eventualmente a las ya tan conocidas crisis de sobreproducción de capital.

necesitarías un EROI de digamos 7 u 8:1 para mantener a las familias. Si los niños fueran a ser educados necesitarías tal vez 9 o 10:1, tener seguridad social 12:1, tener artes en sus vidas tal vez 14:1 y así consecutivamente (los números debajo de 3 son bastante exactos, y por encima son especulativos).[339]

Así pues, hay un EROEI mínimo que permite a la sociedad desempeñarse como sociedad, según una multicitada investigación publicada en 2013 el "umbral económico" mínimo para que una sociedad funcione sería partiendo de un EROEI de 7:1 (ver figura 13), por lo que todas las fuentes de energía que tengan un EROEI más bajo que eso simplemente no son viables para reproducir las necesidades más básicas de una sociedad industrial moderna.

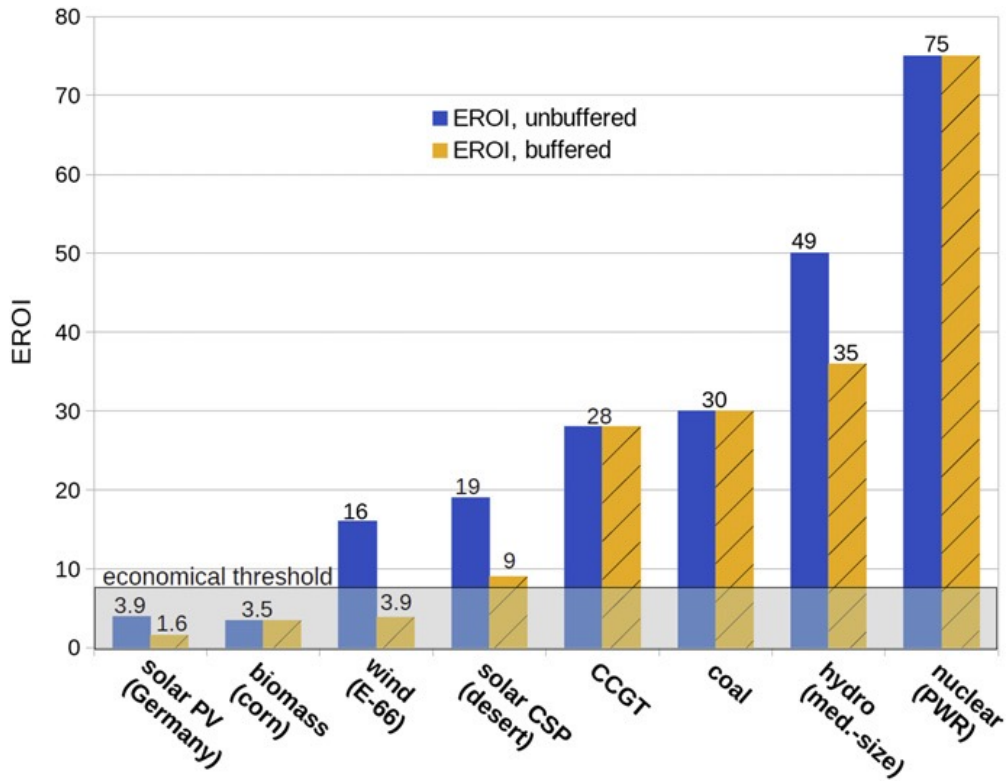

Fig. 13. Comparación de la Tasa de Retorno Energético de varias fuentes. El "umbral económico" según Weißbach et al. sería de 7:1 para que una fuente de energía sea económicamente viable. Fuente: D. Weißbach, G. Ruprecht, A. Huke, K. Czerski, S. Gottlieb, A. Hussein, "Energy intensities, EROIs (energy return on invested), and energy payback times of electricity generating power plants", en: *Energy* 52 (2013), p. 219.

[339] Charles A. S. Hall, *Energy Return on Investment: A Unifying Principle for Biology, Economics, and Sustainability*, Springer, Switzerland, 2017, p. 154.

El índice dado por la investigación de Weißbach y sus colegas sólo da cuenta de lo mínimo necesario para impulsar a una sociedad industrial a nivel económico, sin embargo ninguna nación desarrollada o en vías de desarrollo funciona en los hechos con un EROEI tan reducido, una investigación de 2014 que compara índices de desarrollo humano con las tasas de retorno energético de varios países llegó a la conclusión de que «los países con un $EROI_{soc}$ de menos de 15-25:1 y/o menos de 100 GJ per cápita por año tienden a tener una "calidad de vida" de pobre a moderada».[340] En el caso específico de los Estados Unidos, que tiene un EROI social de alrededor de 40:1 (y es sin duda el país que más consumo per cápita tiene en el planeta) una tasa de retorno energético tan baja le viene guanga, según un estudio publicado en 2016 la sociedad estadounidense necesita de un EROEI mínimo de 11:1 para continuar con tasas de crecimiento económico positivas:

> […] para poder tener una tasa de crecimiento económico positiva, desde un punto de vista estadístico, la economía de los Estados Unidos no puede permitirse destinar más de 11% de su PIB a gasto en energía primaria. Esto significa que considerando su intensidad energética actual, la economía de los Estados Unidos necesita tener al menos un $EROI_{min}$ societal de aproximadamente 11:1 (lo cual corresponde a un precio promedio máximo tolerable de la energía del doble del nivel actual) para poder tener tasas positivas de crecimiento.[341]

Hay también, cabe aclarar, cierta confusión en varias investigaciones entre los términos monetarios y las mediciones estrictamente físicas de energía, por lo que el mencionado trabajo de Weißbach y compañía hace un buen balance del problema al diferenciar entre EROEI, que se refiere estrictamente a una medición física de energía, y el EMROI (*energy money returned on invested*), que incluye el retorno sobre la inversión en términos monetarios, es decir, que está influenciado por el movimiento especulativo de los mercados y puede llegar a inflar bastante la tasa de retorno al no diferenciar entre los dos términos. En general la mayor parte de los trabajos aquí citados hacen referencia al EROEI estándar. Habiendo sentado la base de lo que es el EROI/EROEI y de su relevancia para el estudio de la transición energética pasemos a analizar la eficiencia energética de varios de los energéticos que mueven al mundo actualmente. No hay datos para todas las regiones del

[340] Jessica G. Lambert, Charles A.S. Hall, Stephen Balogh, Ajay Gupta y Michelle Arnold, "Energy, EROI and quality of life", en: *Energy Policy* 64 (2014), p. 164.
[341] Florian Fizaine y Victor Court, "Energy expenditure, economic growth, and the minimum EROI of society", en: *Energy Policy* 95 (2016), p. 183.

planeta, sin embargo las regiones donde los datos son abundantes y comparables son bastante representativas de las economías más dinámicas del planeta donde la discusión sobre la eficiencia energética es más relevante, la literatura revisada apunta a que son pocos los países con estadísticas amplias en términos energéticos y monetarios para poder hacer un análisis de retorno energético, la práctica totalidad son países de primer mundo (con la clásica excepción de China entre los países en desarrollo). Sin embargo existen múltiples estudios de caso que permiten pintar un panorama más completo para diferentes regiones y distintos tipos de energéticos.

La atención puesta sobre la relevancia de la energía parece ser un tema relativamente reciente, durante la mayor parte de la historia capitalista la energía fósil de fácil extracción, barata y abundante parecía ser ilimitada por lo que la reflexión en torno a la necesidad de transitar a otros energéticos no ha estado sobre la mesa por mucho tiempo. Incluso hasta nuestros días importantes economistas de corte un tanto convencional no dan importancia a la relación entre energía y crecimiento económico pensando que el mercado por sí mismo se encargará de nivelar la producción energética encontrando las mejores alternativas por obra y gracia de la ley de la oferta y la demanda. Pero como sabemos al capitalismo le gusta expandirse consumiendo energéticos eficientes sin preocuparse demasiado por las consecuencias sociales o medioambientales, así que dejar todo a las fuerzas del mercado no parece ser la mejor alternativa. Además, hasta el momento no parece que ninguna de las energías "renovables" tan impulsadas desde agencias gubernamentales como la panacea a todos los problemas del mundo moderno estén siquiera cerca de otorgar las mismas ventajas energéticas que las que otorgó el petróleo en sus épocas de mayor auge. Baste con mencionar que para el caso de Estados Unidos hasta antes de 1930 el EROI combinado del petróleo y el gas natural era de alrededor de 100:1, en la actualidad está cerca del 20:1; en contraste, energías fotovoltaicas, de biocombustibles, solares y de las formas menos refinadas de extraer petróleo (como de arenas bituminosas) están muy por debajo de un EROEI de 10:1 (ver figura 14).

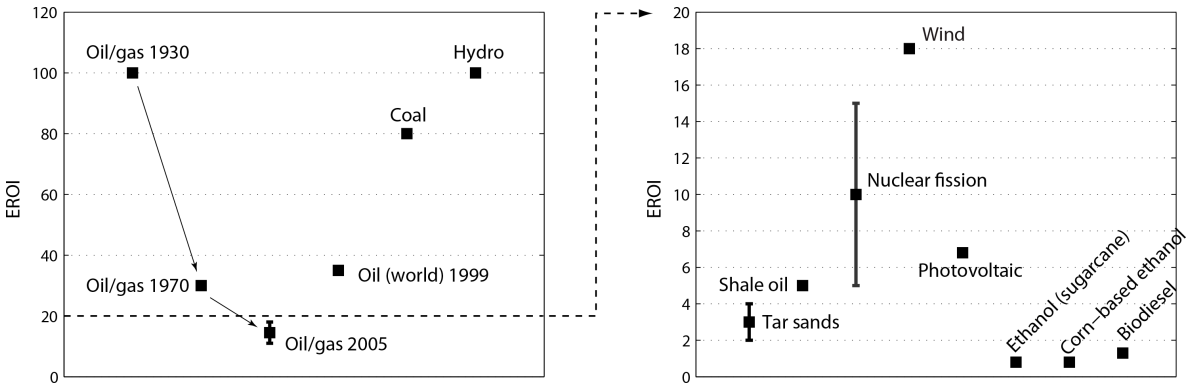

Fig. 14. Fuente: David J. Murphy y Charles A. S. Hall, "Year in review – EROI or energy return on (energy) invested", en: *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1185 (1), 2010, pp. 102-118.

Y lo que es más, muchos de los resultados de varias de estas fuentes "alternativas" suelen dar una imagen incorrecta de su verdadero desempeño, ya que muchas de ellas al momento no funcionan separadas de los hidrocarburos, por lo que «la pregunta sobre el grado al que los costos totales de energía se pueden reducir en el futuro permanece, pero por el momento la mayoría de los sistemas de energía "renovable" parecen estar ampliamente apoyados por combustibles fósiles».[342] Además, regresando a los problemas de escala y el desbocado crecimiento exponencial del sistema, las energías renovables al tener EROEI tan bajos potencian el incremento de la producción y el gasto de energía (a la manera en que lo describe la Paradoja de Jevons que analizamos en el capítulo 2), podemos ver que el problema con explotar recursos con EROEI reducido es que para que sea rentable a escalas de producción como las que acostumbran los capitales transnacionales se necesita impulsar la producción al límite, para compensar la poca eficiencia energética con una gran masa de producto que dé una gran masa de ganancia.

> El reemplazo de fuentes de EROEI más alto con fuentes de EROEI más bajo resulta en un incremento en el insumo total de energía. Utilizando estimaciones publicadas de EROEI para fuentes de energía existentes y fuentes nuevas de energía primaria, estimamos que los insumos totales de energía necesitarán incrementarse por un mínimo de 40% (y podrían incrementarse por tanto como 400%) para proveer una energía neta utilizable fija para las

[342] Charles A. S. Hall, Jessica G. Lambert, Stephen B. Balogh, "EROI of different fuels and the implications for society", en: *Energy Policy* 64 (2014) , p. 144.

> sociedades humanas. El crecimiento en la demanda de energía neta utilizable incrementará aún más estos estimados.[343]

El detalle está en que el EROEI del petróleo y el gas natural ha estado declinando de manera lenta pero consistente década a década, luego del descubrimiento del potencial petrolífero a finales del siglo XIX el EROEI llegó a su "pico" a mediados del siglo XX y desde entonces se ha mantenido a la baja muy a pesar de los desarrollos tecnológicos que intentan eficientar los procesos productivos. Así, «estimaciones basadas en precios de EROIs de combustibles fósiles históricos globales han mostrado que los EROIs máximos fueron alcanzados en los 1930-40 para petróleo y gas, respectivamente alrededor de 50:1 y 150:1».[344] Analizando el comportamiento del EROEI de Estados Unidos nos damos cuenta de que los descubrimientos son cada vez más escasos y que la eficiencia energética ha ido variando con la intensidad de la perforación pero inequívocamente la tendencia es a la baja:

> Encontramos dos patrones generales en la relación de las ganancias energéticas comparadas a los costos energéticos: una reducción secular gradual en EROI y una relación inversa con el esfuerzo de perforación. El EROI para *encontrar* petróleo y gas decreció exponencialmente de 1200:1 en 1919 a 5:1 en 2007. El EROI para *producción* de la industria de petróleo y gas era de alrededor de 20:1 de 1919 a 1972, declinó a cerca de 8:1 en 1982 cuando el pico de la perforación ocurrió, se recuperó a cerca de 17:1 de 1986-2002 y declinó marcadamente a cerca de 11:1 en los medios a tardíos 2000. La declinante lenta tendencia secular ha sido parcialmente enmascarada por cambios en esfuerzo: a menor intensidad de perforación, mayor el EROI comparado a la tendencia secular.[345]

De lo que este fenómeno da cuenta es que «el declinar general en EROI para nuestros más importantes combustibles implica que el agotamiento es una fuerza más poderosa que la innovación tecnológica».[346] Y es que no sólo se trata de encontrar nuevos yacimientos, sino

---

[343] Shinuo Deng y George R. Tynan, "Implications of Energy Return on Energy Invested on Future Total Energy Demand", en: *Sustainability* (2011), 3, pp. 2440-2441.
[344] Victor Court y Florian Fizaine, "Long-Term Estimates of the Energy-Return-on-Investment (EROI) of Coal, Oil, and Gas Global Productions", en: *Ecological Economics* 138 (2017), pp. 157-158.
[345] Megan C. Guilford, Charles A. S. Hall, Pete O'Connor y Cutler J. Cleveland, "A New Long Term Assessment of Energy Return on Investment (EROI) for U.S. Oil and Gas Discovery and Production", en: *Sustainability* (2011), 3, p. 1866.
[346] Jessica G. Lambert, Charles A.S. Hall, Stephen Balogh, Ajay Gupta y Michelle Arnold, "Energy, EROI and quality of life", en: *Energy Policy* 64 (2014), p. 155.

que geológicamente los nuevos descubrimientos son de difícil acceso por lo que los costos de producción son más elevados y muchas veces ni siquiera valen la pena en términos de rentabilidad, esta tendencia puede demostrarse con facilidad recordando el simple hecho de que «los descubrimientos en áreas de aguas profundas se incrementaron de menos del 10% del total de descubrimientos en 1990 a cerca del 60% para 2005».[347] La tendencia al agotamiento de los campos petroleros es innegable, hace tiempo que se llegó al pico de la eficiencia productiva pero la tasa de rentabilidad del petróleo sigue siendo lo suficientemente elevada como para justificar una producción constante a pesar de no ser un esquema sustentable en el largo plazo:

> Los campos petrolíferos convencionales existentes están mostrando una tasa de decrecimiento de producción del 4.1% por año – o una pérdida de tres millones de barriles por día (por año) – lo cual, puesto en contexto, significa que para mantener el flujo actual de petróleo hacia la civilización global es necesario encontrar un nuevo valor de producción del tamaño de Arabia Saudita cada tres años.[348]

La caída es perceptible para todos los casos donde se han podido realizar estudios con datos confiables, por ejemplo Noruega que tenía un EROEI de 60:1 en 1996 cayó a 40:1 para finales de la última década[349] y «encontramos que desde mediados de los 1990, la energía total utilizada (invertida) en el sector Canadiense de petróleo y gas se incrementó alrededor del 63% mientras que la producción de energía (retorno) se incrementó sólo 18%, resultando en un decrecimiento del EROI total de alrededor de 16:1 a 11:1».[350] Así, todas las investigaciones parecen tener un patrón consistente en el que «regiones desarrolladas en petróleo y gas para un periodo de tiempo amplio (por ejemplo Estados Unidos, China o cualquier lugar a través del tiempo) tienen EROIs más reducidos, mientras que nuevos desarrollos (por ejemplo Noruega) tienden a tener mayores valores».[351] Eso en cuanto al

[347] David J. Murphy y Charles A. S. Hall, "Energy return on investment, peak oil, and the end of economic growth", en: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1219 (2011), p. 61.
[348] Christopher J. Rhodes, "The global oil supply – prevailing situation and prognosis", en: *Science Progress* (2017), 100 (2), p. 233.
[349] Cfr. Leena Grandell, Charles A. S. Hall, Mikael Höök, "Energy Return on Investment for Norwegian Oil and Gas from 1991 to 2008", en: *Sustainability* 3 (2011), pp. 2050-2070.
[350] Alexandre Poisson y Charles A. S. Hall, "Time Series EROI for Canadian Oil and Gas", en: *Energies* 2013, 6, p. 5940.
[351] Charles A. S. Hall, Jessica G. Lambert, Stephen B. Balogh, "EROI of different fuels and the implications for society", en: *Energy Policy* 64 (2014) , p. 149.

petróleo convencional, sin embargo, existen múltiples opciones de extracción de crudo de fuentes no convencionales que han comenzado a utilizarse masivamente en las últimas décadas que tampoco tienen una buena tasa de retorno energético (ni buena reputación con ambientalistas):

> […] petróleo recuperado de perforaciones en aguas profundas en el Golfo de México da 4-7:1; el petróleo pesado californiano probablemente 3-5:1, y el petróleo de esquisto bituminoso (querógeno) alrededor de 1.5-4:1. El EROEI para arenas bituminosas está alrededor de 6:1, si es recuperado por minería superficial, pero cae a alrededor de 3:1 si es recuperada de depósitos más profundos […] El EROI apropiado para petróleo recuperado de esquisto bituminoso por fractura hidráulica es actualmente una cantidad debatible, pero un valor de 12:1 ha sido mencionado para la producción en los 'puntos óptimos' de Bakken, y 4:1 en cualquier otro lado.[352]

De esta manera, parece inequívoco que el patrón de acumulación de capital basado en hidrocarburos llegará inevitablemente a su fin.[353] Un estudio publicado en 2015 por PLOS ONE en donde se toman datos específicos de 40 pozos petroleros alrededor del mundo confirma la misma tendencia en la caída del EROEI:

> Este rango observado de proporciones de NER [*net energy ratio*, una medición muy parecida a la del EROEI] está dentro del rango sugerido en literatura previa. Este consenso es una muestra de convergencia entre metodologías: aunque el método utilizado aquí es mucho más específico que métodos anteriores, en tanto que modela el proceso de ingeniería en la extracción de petróleo en gran detalle, provee resultados de orden de magnitud similares que métodos usados en otros lados.[354]

---

[352] Christopher J. Rhodes, "The global oil supply – prevailing situation and prognosis", en: *Science Progress* (2017), 100 (2), p. 235.

[353] La excepción sería en relación al carbón que sigue un ascenso meteórico como energético (sobre todo en la generación de electricidad), del cual aún quedan muchas minas por explotar y para el que aún no se llega al EROI máximo en la mayor parte del mundo (con excepción de China donde ya comienza a declinar). Además no deja de ser preocupante que al mismo tiempo en que es uno de los energéticos con mayor tasa de retorno sea el más contaminante de todos. Véase: Victor Court y Florian Fizaine, "Long-Term Estimates of the Energy-Return-on-Investment (EROI) of Coal, Oil, and Gas Global Productions", en: *Ecological Economics* 138 (2017), pp. 157-158.

[354] Adam R. Brandt, Yuchi Sun, Sharad Bharadwaj, David Livingston, Eugene Tan, Deborah Gordon, "Energy Return on Investment (EROI) for Forty Global Oilfields Using a Detailed Engineering-Based Model of Oil Production", en: PLoS ONE 10 (12), Diciembre 2015, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144141, p. 15.

Todo este problema sin siquiera haber hecho alusión a que el petróleo no es sólo un energético más como sí lo son todas las otras "alternativas", el petróleo es la materia prima de la práctica totalidad de las industrias de vanguardia a nivel mundial y es lo que ha permitido el avance sin parangón del modo de producción capitalista por el orbe:

> La importancia del petróleo para la civilización humana no puede ser enfatizada de más, ya que no sólo provee los combustibles líquidos sobre los cuales la mayor parte de la transportación del mundo depende, sino que subyace a la mayor parte de la industria química, y es la materia prima química (carbono) cruda con la que los plásticos, fármacos, y la mayor parte de los bienes de consumo está hecha. Tal vez más impactantemente, sin petróleo, y gas natural para hacer fertilizantes, la agricultura moderna no podría existir en su forma actual.[355]

Ya hablaremos un poco más de ésta y otras problemáticas, por lo pronto aún nos queda espacio para analizar con un poco más de detalle la viabilidad de algunas de estas energías "renovables". Podemos comenzar hablando un poco de la energía que puede obtenerse a partir de *biocombustibles*, la cual de entrada se vuelve un problema ya que sustituye tierra utilizada para alimentación con estos nuevos engendros energéticos. Y a pesar de que la bioenergía es considerada como una fuente neutral de emisiones de CO_2 ya que la cantidad de CO_2 absorbida durante la fotosíntesis es la misma que la que se emite cuando la biomasa se transforma en energía, esto no quiere decir que no existan impactos ecológicos importantes, «previos LCAs [*Life Cycle Assessments*] de sistemas de biocombustibles han demostrado que una reducción de emisiones de GEI no lleva automáticamente a un decrecimiento en otros impactos ambientales, y puede de hecho estar asociado con un incremento en impactos como la acidificación, eutrofización, y cambios de uso de suelo».[356] Debido a este pequeño detalle es que lo que ahora recomiendan quienes abogan por este tipo de energía renovable es utilizar biomasa sin valor agrícola o ecológico:

> Consecuentemente, el potencial de bioenergía de fuentes de biomasa aparte del cultivo de tierra excedente o de conservación se vuelve especialmente atractivo. Ejemplos de estos

[355] Christopher J. Rhodes, "The global oil supply – prevailing situation and prognosis", en: *Science Progress* (2017), 100 (2), p. 233.
[356] Magdalena M. Czymek-Delêtre, Beatrice M. Smyth, Jerry D. Murphy, "Beyond carbon and energy: The challenge in setting guidelines for life cycle assessment of biofuel systems", en: *Renewable Energy* 105 (2017), p. 436.

> flujos potenciales incluyen el desperdicio animal, desperdicio humano industrial y doméstico, tierras urbanas (vegetación al lado de caminos, cultivos en azoteas, etc.), algas, etc..[357]

Ya hemos mencionado en capítulos anteriores que el EROEI de los biocombustibles ordinarios con trabajos superan el 1:1, y cuando de biocombustibles derivados de biomasa no cultivada se trata el escenario se vuelve aún más ridículo, en un estudio de caso publicado en 2014 se encontró que «el NEG calculado fue negativo […] Este bajo NEG corresponde a un EROEI de 0.6»[358], el retorno energético no alcanza ni para sostener la superioridad moral de los *hippies* que siembran tomates orgánicos en sus azoteas verdes. Y aunque algunas de estas potenciales fuentes de energía parecen tener un EROI aceptable según algunos estudios, no cambia el hecho de que para obtener más energía de "desperdicios" se necesita generar más desperdicios, lo cual es la misma vieja paradoja de la serpiente mordiéndose la cola de la cual abreva el capitalismo.

Podemos pasar ahora a un breve análisis de otro tipo de energía "renovable" que se vende como la solución a todos nuestros problemas energéticos, la *energía solar fotovoltaica*. El consenso entre quienes hacen análisis de tasas de retorno energético parece ser que la electricidad producida a partir de fuentes solares deriva de materiales caros y procesos intensivos en capital y trabajo, por lo que «la industria PV [fotovoltaica] está actualmente operando cerca del *umbral en que sólo se cubren los gastos*. En este umbral, la *reinversión fraccional* es 100%, es decir, la electricidad producida por sistemas PV instalados es igual a la energía requerida para manufacturar e instalar nueva capacidad PV».[359] En un estudio de caso con datos de un par de décadas de operación de plantas energéticas del norte de Europa utilizando el $EROI_{extendido}$, se llega a la conclusión de que al menos para el norte de Europa y zonas de baja radiación solar «un sistema de suministro eléctrico basado en las tecnologías PV actuales no puede considerarse una fuente de energía, sino más bien un sumidero no

[357] Olodunsis Arodudu, Alexey Voinov, Iris van Duren, "Assesing bioenergy potential in rural areas – A NEG-EROEI approach", en: *Biomass and Bioenergy* 58 (2013), p. 351.
[358] Oludunsin Arodudu, Esther Ibrahim, Alexey Voinov, Iris van Duren, "Exploring bioenergy potentials of built-up areas based on NEG-EROEI indicators", en: *Ecological Indicators* 47 (2014), p. 73.
[359] Michael Carbajales-Dale, Charles J. Barnhart y Sally M. Benson, "Can we afford storage? A dynamic net energy analysis of renewable electricity generation supported by energy storage", en: *Energy and Environmental Science*, 2014, 7 , pp. 1538-1539.

sostenible de energía o una PÉRDIDA NETA DE ENERGÍA no sustentable».[360] Al menos en el caso de este estudio existe una réplica en la que los autores no están de acuerdo con algunas mediciones y llegan a la conclusión de que adhiriéndose a la metodología y límites convencionales de la IEA (Agencia Internacional de Energía) el EROI "estándar" sería de 9-10 y el EROI extendido de 7-8 para el caso de Suiza.[361] Los autores de la investigación original responden defendiendo su investigación[362] y alegando, entre otras cosas, que quienes los cuestionan asumen que la eficiencia de los paneles solares incrementa año con año, lo cual en los hechos no ha sido el caso para la casi totalidad de los diferentes tipos de paneles solares y sobre todo para los más ampliamente utilizados que no han visto un aumento en eficiencia energética desde 1995 a la fecha, algo que pude corroborar con cifras del *National Renewable Energy Laboratory* de los Estados Unidos.[363] "Haiga sido como haiga sido" el hecho es que ni siquiera quienes desde la IEA defienden el uso de fotovoltaicos pueden lograr demostrar que poseen un EROEI lo suficientemente elevado como para volverse un tipo de energía dominante que impulse a la economía como un todo.

Además, también es necesario cuestionar la idea de que este tipo de energías "renovables" en verdad lo sean, ya que si bien la radiación solar sí lo es no podemos decir lo mismo de los materiales necesarios para construir la infraestructura tecnológica necesaria para captarla. Como vimos en el capítulo sobre el Antropoceno muchos de los metales raros necesarios para la industria tecnológica están al borde de su agotamiento y «el requerimiento energético asociado con la extracción de metales podría impactar el retorno energético sobre la inversión (EROI) de diferentes tecnologías nucleares y renovables […] si todos los metales

---

[360] Ferruccio Ferroni, Robert J. Hopkirk, "Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation", en: *Energy Policy* 94 (2016), p. 343.
[361] Cfr. Marco Raugei et al., "Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation: A comprehensive response", en: *Energy Policy* 102 (2017), pp. 377-384.
[362] Cfr. Ferruccio Ferroni, Alexandros Guekos, Robert J. Hopkirk, "Further considerations to: Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation", en: *Energy Policy* 107 (2017), pp. 498-505.
[363] National Renewable Energy Laboratory – National Center for Photovoltaics, "Research Cell Efficiency Records (1976-2015)", September 2015, en: https://www.energy.gov/eere/solar/downloads/research-cell-efficiency-records [consultado noviembre 2018]

son considerados juntos, el EROI de estas mismas tecnologías podría ser considerablemente disminuido, especialmente si tienden a concentraciones muy reducidas».[364]

Ahora bien, respecto a la energía nuclear podrá apreciarse en la figura 13 y en la figura 14 que hay una considerable discrepancia entre las tasas de retorno energético que reporta cada investigación, lo anterior debido a la consideración dentro de la metodología del estudio de Weissbach de lo que se conoce como *Life Cycle Assessment* (LCA), o evaluación del ciclo de vida, para el caso de la energía nuclear y la hidráulica tomó en consideración el tiempo de vida de la infraestructura que es muy superior al ciclo de vida de otras fuentes de energía consideradas. Así, como puede verse en la siguiente tabla de la World Nuclear Association, la EROI de 70 corresponde a un periodo de 60 años, en donde se espera que la inversión en una planta nuclear arroje ese beneficio 60 años después de ser construida.

Life-cycle energy requirements for a 1000 MWe nuclear power plant.[365]

Inputs (100% load basis)	GWh (e)	TJ (th) Annual	PJ (th) 40 year	PJ (th) 60 year
Mining & milling – 230 t/yr U_3O_8/195 tU, at Ranger		63	2.51	3.8
Conversion (Schneider 2010)			1.74	2.6
Initial enrichment: Urenco centrifuge	10.0		0.11	0.11
Reload enrichment: Urenco centrifuge	5.8	62	2.48	3.72
Fuel fabrication (Schneider 2010)			1.0	1.5
Construction of plant (Weissbach 2013)			3.0	3.0
Operation of plant (Weissbach 2013)			3.43	5.15
Fuel storage, waste storage, transport (ERDA 76-1, Perry 1977, Sweden 2002)			1.5	2.25
Decommissioning (Weissbach 2013)			0.9	0.9
Total			**18.4**	**23.0**
Output: 7.5 TWh/yr (86% capacity factor)	7500 GWh	27,000 TJ(e)	**1080** PJ(e)	**1620** PJ(e)
Input percentage of lifetime output			**1.70%**	1.42%
Energy return on investment (output/input)			**59**	**70**

Además hay que tomar en consideración el tipo de tecnología utilizada en cada reactor nuclear, lo cual arroja distintos tipos de EROI que pueden bajar significativamente los

[364] Florian Fizaine y Victor Court, "Renewable electricity producing technologies and metal depletion: A sensitivity analysis using the EROI", en: *Ecological Economics* 110 (2015), p. 106.
[365] Tomado de: World Nuclear Association, "Energy Return on Investment" (updated March 2020). En línea: https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/energy-return-on-investment.aspx [consultado el 23 de agosto de 2020]

beneficios; como puede verse en el citado reporte de la World Nuclear Association. Así pues, como puede consultarse en el más reciente Reporte del Estado de la Industria Nuclear Mundial (*World Nuclear Industry Status Report*) la industria nuclear pierde relevancia década a década debido a los costos crecientes de mantenimiento y construcción y a lo tardado que es recuperar la inversión.

> Los indicadores de tendencias en el reporte sugieren que la industria nuclear puede haber llegado a su máximo histórico: la generación de energía nuclear llegó a su pico en 2006, el número de reactores en operación en 2002, la participación de la energía nuclear en el uso de electricidad en 1996, el número de reactores en construcción en 1979, el inicio de construcciones en 1976. Para mediados de 2019, hay una unidad menos en operación que en 1989.[366]

Además según el mismo reporte durante la última década los costos nivelados de energía (*levelized cost of energy*, LCOE), que comparan el costo total del tiempo de vida que involucra construir y operar una planta contra el beneficio total, se han reducido un 88% para las plantas de energía solar y 69% para las eólicas, mientras que para las plantas nucleares el costo se ha incrementado en un 23%.[367] Todo esto a la par que el tiempo de construcción de una planta nuclear se ha incrementado, de tal manera que «nuevas plantas nucleares toman de 5-17 años más para construirse que las plantas de energía solar o eólica, así que las plantas de energía que utilizan combustibles fósiles emiten mucho más CO_2 mientras esperan a ser sustituidas por la opción nuclear. Estabilizar el clima es urgente, la energía nuclear es lenta».[368] La participación de la energía nuclear en la actividad económica es cada vez más reducida y ya no es la opción para el futuro que tanto se pregonaba hace 20 ó 30 años, todo esto sin tomar en cuenta los increíbles costos medioambientales del desecho nuclear y del peligro latente y constante de desastres como los de Chernóbil y Fukushima.

Para el caso de la energía hidráulica la situación es similar, a lo que habría que añadir la enorme cantidad de gases de efecto invernadero que produce la construcción de presas así como el daño que genera a la estabilidad de los ecosistemas. Hasta fechas muy recientes se

---

[366] Schneider, Mycle et al.,*World Nuclear Industry Status Report 2019*, MacArthur Foundation, Paris, Budapest, September 2019, p. 14.

[367] Una medición similar a la de la Tasa de Retorno Energético que se mide de la siguiente manera:
$$LCOE = \frac{\text{Suma de los costos a lo largo de la vida de la planta}}{\text{Suma de la energía producida durante la vida de la planta}}$$

[368] Schneider, Mycle et al.,*World Nuclear Industry Status Report 2019*, MacArthur Foundation, Paris, Budapest, September 2019, p. 15.

consideraba a la energía hidráulica como una energía limpia y se sugería constantemente su utilización para llegar a las metas de mitigación de gases de efecto invernadero, sin embargo la literatura científica[369] cada vez da más luz sobre la realidad de este tipo de tecnología que realizada en las escalas a las que nos ha acostumbrado la economía mundial altera por completo paisajes milenarios alterando la capacidad de captura de carbono de los ecosistemas, así «la huella de carbono de algunas plantas hidráulicas es aún más grande que aquélla de las plantas termoeléctricas»[370] y en lo que respecta a emisiones de metano (que como hemos visto tiene mayor potencial de calentamiento global que el dióxido de carbono) son bastante dañinas.

Para concluir este apartado y para echarle más leña al fuego debemos recordar que en la actualidad casi el 90% del consumo de energía primaria proviene de hidrocarburos (petróleo, gas natural y carbón), por lo que *transitar a una economía mundial totalmente descarbonizada como pretenden algunos organismos internacionales requeriría de inversiones en infraestructura bastante considerables que harían que el EROEI actual de todas las energías alternativas que parecen viables a nivel societal cayera dramáticamente* dado el impresionante costo de generar la infraestructura mundial necesaria para impulsar la economía a los niveles acostumbrados.[371]

[369] "Aunque las represas son consideradas frecuentemente como "verdes" o fuentes de energía con huella de carbono cero, un creciente cuerpo de trabajo ha documentado su rol como fuentes de gases de efecto invernadero (GHG)". Cfr. Deemer, Bridget R., John A. Harrison, Siyue Li, Jake J. Beaulieu, Tonya Delsontro, Nathan Barros, José F. Bezerra-Neto, Stephen M. Powers, Marco A. Dos Santos and Arie Vonk, "Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis", en: BioScience Vol. 66, No. 11, November 2016, p. 949.

[370] Scherer, Laura y Stephan Pfister, "Hydropower's Biogenic Carbon Footprint", en: PLoS ONE 11(9), September 14, 2016, p. 1.

[371] «El petróleo se mantiene como el combustible mundial dominante, dando cuenta de apenas arriba de un tercio de toda la energía consumida. En 2017 la participación del petróleo en el mercado decreció ligeramente, luego de dos años de crecimiento. La participación del Carbón en el mercado bajó a 27.6%, su nivel más bajo desde 2004. El gas natural dio cuenta de un récord 23.4% del consumo global de energía primaria, mientras que la energía renovable llegó a un nuevo máximo de 3.6%». En: *BP Statistical Review of World Energy*, 67th edition, United Kingdom, June 2018, p. 11. En línea: https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf [consultado noviembre de 2018]

3.5. COSTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

En un ya famoso libro de Daron Acemoglu y James A. Robinson se contradice la idea de que la variabilidad climática entre regiones tiene algo que ver con la distribución global de la riqueza, y es que desde hace bastante (por lo menos desde Montesquieu) se cree que los países cálidos tienen una especie de maldición que los mantiene en el subdesarrollo debido a cuestiones que van desde la pereza provocada por el calor hasta la infertilidad de los suelos.[372] Con tan sólo algunos ejemplos Acemoglu y Robinson prueban que la latitud no tiene tanto que ver con el subdesarrollo como la falta de desarrollo industrial o la ausencia de aparatos institucionales fuertes. Así, estos autores explican la baja productividad agrícola no tanto debido a la calidad del suelo sino a la estructura de la propiedad de la tierra y a los pocos incentivos estatales, de esta manera estudios que pretenden probar que el cambio climático está afectando fuertemente y de manera diferenciada a los países pobres estarían malinterpretando los hechos adjudicando al clima algo que sería propio de estructuras económicas y estatales (una postura que da prioridad al capital humano por sobre el capital natural). Sin embargo habría que tomar en cuenta los datos actuales sobre cambio climático para afinar el argumento, ya que como vimos en el capítulo anterior no hay duda de que los efectos más dramáticos del cambio climático se están dando más marcadamente en países subdesarrollados, por lo que el puro argumento de la falta de industria y estructuras estatales propias ya no es suficiente para explicar esta nueva situación; el mundo subdesarrollado ahora sufre por partida doble. Aunque, como veremos, el mundo desarrollado ya encuentra cada vez más difícil escapar de los costos económicos asociados al cambio climático, al grado en que tal vez la idea de la prosperidad asociada sólo a industrias y estados fuertes deje de sostenerse, más si tomamos en cuenta que la prosperidad del primer mundo depende en un importante grado del comercio internacional:

[372] "Muchos países pobres, como los de África, América Central y el sur de Asia se encuentran entre los trópicos de Cáncer y Capricornio. En cambio, los países ricos suelen estar en latitudes templadas. Esta concentración geográfica de la pobreza y la prosperidad da un atractivo superficial a la hipótesis geográfica, que es el punto de partida de las teorías e ideas de muchos sociólogos y expertos. No obstante, no por eso está menos equivocada". En: Acemoglu, Daron, James A. Robinson, *Por qué fracasan los países. Los orígenes del poder, la prosperidad y la pobreza*, Crítica-Booket, México, 2018, p. 67.

> Los impactos del cambio climático varían significativamente a través de las regiones del mundo. Mientras que se espera que las regiones tropicales y subtropicales sufran severamente por los efectos del cambio climático los impactos en latitudes del norte deberían permanecer relativamente moderados. Sin embargo, las regiones no son autosuficientes y los costos del cambio climático pueden esparcirse a través del comercio internacional.[373]

En un muy citado artículo de 2012 que intenta estudiar los efectos de los cambios de temperatura y precipitación en el crecimiento económico con datos de medio siglo (1950-2003), se llega a la conclusión de que hay «grandes efectos negativos de las altas temperaturas en el crecimiento, *pero sólo en países pobres*. En países pobres estimamos que un incremento de 1°C en temperatura en un año dado redujo el crecimiento económico en ese año en alrededor de 1.3 puntos porcentuales. En países ricos, los cambios en temperatura no tienen un robusto y discernible efecto en el crecimiento».[374] Este es tal vez un resultado esperable dada la amplia dependencia de los países subdesarrollados a unas pocas actividades económicas que de ser afectadas impactan de manera importante a la economía, contrario a los grandes núcleos de países avanzados que tienen economías increíblemente diversificadas en donde la penuria de algunas industrias no se traduce necesariamente en grandes daños al crecimiento económico en general. Sin embargo, luego de este estudio (que suele señalarse de "pionero" en esta área de la ciencia económica)[375] han surgido algunos otros trabajos más recientes que llevan la información un poco más lejos y demuestran que aunque en países ricos el aumento de la temperatura parece no afectar al crecimiento económico (relación no lineal) luego de cierto umbral de temperatura esto deja de ser el caso:

> Demostramos que la productividad económica general es no-lineal respecto a la temperatura para todos los países, con la productividad llegando a su máximo a un promedio anual de temperatura de 13°C y declinando fuertemente a mayores temperaturas. La relación es globalmente generalizable y sin cambios desde 1960, y es patente para la actividad agrícola

[373] Schenker, Oliver, "Exchanging Goods and Damages: The Role of Trade on the Distribution of Climate Change Costs",*Environmental & Resource Economics* (2013), Vol. 54, pp. 261.
[374] Dell, Melissa, Benjamin F. Jones, Benjamin A. Olken, "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century", *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 4, No. 3 (July 2012) , p. 67.
[375] Cfr. Sterner, Thomas, "Higher costs of climate change", Nature, Vol. 527, November 2015, pp. 177-178.

> y no agrícola tanto en países ricos como pobres. Estos resultados proveen la primera evidencia de que la actividad económica en todas las regiones está acoplada al clima global y establecen una nueva base empírica para modelar pérdidas económicas en respuesta al cambio climático, con implicaciones importantes. Si la adaptación futura [al cambio climático] se asemeja a la adaptación pasada se espera que el calentamiento sin mitigación reconfigure la economía global al reducir los ingresos globales aproximadamente 23% para 2100 y ampliando la desigualdad global, en relación a escenarios sin cambio climático.[376]

Este tipo de modelos que integran variables históricas de cambios en temperatura o precipitación para relacionarlo con desempeño económico entre regiones a escalas macro son al parecer bastante raros en la literatura económica[377], en la literatura que he consultado hasta el momento incluida la más actualizada se reitera constantemente que los estudios económicos sobre el impacto del cambio climático son una literatura bastante reciente y los mismos modelos y autores suelen ser citados constantemente, incluso en la reciente Evaluación Nacional del Clima de los Estados Unidos (2018) se menciona que «si bien esta es una literatura emergente […] representa un avance valioso en nuestra comprensión de los costos y beneficios financieros de los impactos del cambio climático».[378] Existen además los llamados *Integrated Assessment Models* (IAM) que suelen ser más populares y llevan al menos una década (aunque surgen en los años 90) siendo los principales instrumentos de política ambiental de las agencias gubernamentales internacionales (la ONU, por ejemplo). Los IAM se han centrado específicamente en calcular el costo monetario de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionándolas a distintos escenarios de emisiones (los escenarios RCP del IPCC) que dependen de distintas proyecciones de crecimiento económico y crecimiento poblacional. Estos modelos relacionan los cambios en temperatura con los

[376] Burke, Marshall, Solomon M. Hsiang, Edward Miguel, "Global non-linear effect of temperature on economic production", *Nature*, vol. 527, October 2015, p. 235.
[377] "Los modelos económico-climáticos necesitan extenderse para incluir una amplia gama de impactos sociales y económicos. Los vacíos necesitan llenarse, tales como las respuestas económicas de los países en desarrollo y las estimaciones de los daños a temperaturas extremas. Hoy, sólo un puñado de investigadores en los Estados Unidos y Europa se especializan en tales modelos". En: Revesz, Richard L., Peter H. Howard, Kenneth Arrow, Lawrence H. Goulder, Robert E. Kopp, Michael A. Livermore, Michael Oppenheimer, Thomas Sterner, "Improve economic models of climate change", *Nature*, Vol. 508, April 2014, pp. 174.
[378] USGCRP, 2018: *Impactos, Riesgos, y Adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II: Informe Resumido* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, B.C. Stewart, and A. Lustig (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, p. 60.

costos económicos que provocarían los fenómenos climáticos asociados como aumento del nivel del mar, desastres naturales como huracanes o inundaciones, erosión del suelo agrícola y pérdida de biodiversidad. Este enfoque «se sustenta en evidencia micro para cuantificar varios efectos climáticos y luego los agrega para producir un efecto neto en el ingreso nacional».[379] Precisamente por esta naturaleza de los modelos que pretende llevar estudios micro a un análisis macro es que suelen ser muy criticados, ya que hay demasiadas variables inciertas y múltiples generalizaciones, sin embargo «debido a que los modelos omiten algunos importantes riesgos asociados al cambio climático, como el descontento social y perturbaciones al crecimiento económico, probablemente están subestimando daños futuros».[380] Hasta el momento varias decisiones de política pública de los Estados Unidos se han basado en tres modelos de este tipo (los más discutidos en la literatura) y aunque con algunas variaciones los tres predicen daños económicos importantes asociados al escenario de emisiones del *business-as-usual*:

> El análisis de Estados Unidos de 2013 utilizó los hasta entonces más recientes resultados de tres viejos modelos: FUND 3.8, DICE 2010 y PAGE09. Cada modelos aplica diferentes funciones climáticas y económicas para simplificar el complejo panorama. A pesar de la gama de enfoques e incertidumbres cada uno predijo considerables daños económicos debido a las emisiones de gases de efecto invernadero para un calentamiento más allá de 2°C por sobre niveles pre-industriales. Dos modelos, publicados desde que el análisis de los Estados Unidos fue estructurado en 2010 tienen proyecciones en general similares a estos tres. [381]

Este tipo de pronósticos son cada vez más la norma y empiezan a ser reproducidos no sólo por la comunidad académica[382] sino también por aparatos gubernamentales, por ejemplo

---

[379] Dell, Melissa, Benjamin F. Jones, Benjamin A. Olken, "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century", *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 4, No. 3 (July 2012) , p. 67.

[380] Revesz, Richard L., Peter H. Howard, Kenneth Arrow, Lawrence H. Goulder, Robert E. Kopp, Michael A. Livermore, Michael Oppenheimer, Thomas Sterner, "Improve economic models of climate change", *Nature*, Vol. 508, April 2014, p. 174.

[381] Revesz, Richard L., Peter H. Howard, Kenneth Arrow, Lawrence H. Goulder, Robert E. Kopp, Michael A. Livermore, Michael Oppenheimer, Thomas Sterner, "Improve economic models of climate change", *Nature*, Vol. 508, April 2014, p. 174.

[382] Cfr. Kahn, Matthew E., Kamiar Mohaddes, Ryan N. C. Ng, M. Hashem Pesaran, Mehdi Raissi, Jui-Chung Yang, *Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis*, Working Paper 26167, National Bureau of Economic Research, Cambridge, August 2019, pp. 57.

en 2018 el gobierno estadounidense publicó la segunda parte de su Cuarta Evaluación Nacional del Clima, un reporte de más de 1,500 páginas donde se discuten los riesgos para los Estados Unidos del cambio climático proyectando escenarios para fin de siglo. Parte importante del reporte incluye estimaciones económicas sobre las posibles pérdidas económicas de dicho país de continuar las tendencias actuales y las proyecciones no son nada alentadoras para la mayor potencia económica del planeta:

> Con un continuo crecimiento de las emisiones a tasas históricas, se prevé que las pérdidas anuales en algunos sectores económicos alcancen los cientos de miles de millones de dólares [*hundreds of billions* en inglés] a finales de siglo, más que el producto interno bruto (PIB) actual de muchos estados de los Estados Unidos.[383]

Si el pronóstico es tan extremo para la mayor potencia económica del planeta sólo podemos imaginar la magnitud del impacto para el resto del mundo subdesarrollado que, como hemos visto, es quien recibe la mayor parte de los cambios climáticos antropogénicos. En el reporte antes mencionado se menciona algo de esto pero sólo desde la perspectiva de las empresas de esta nación norteamericana en el exterior viendo el problema en otras naciones como un problema en la cadena de suministros:

> Se prevé que el aumento de las temperaturas reduzca la eficiencia de la generación de energía, al mismo tiempo que aumente la demanda de energía, lo que resulte en un aumento de los costos de la electricidad. Se espera que los impactos del cambio climático fuera de nuestras fronteras afecten cada vez más nuestro comercio y economía, incluyendo los precios de importación y exportación y las empresas de los Estados Unidos con operaciones en el exterior, así como las cadenas de suministro.[384]

El reporte contempla, entre varias cosas, pérdida de beneficios derivados de la pérdida de servicios ecosistémicos (polinización, limpieza de aire y agua, turismo, prevención de inundaciones, etcétera); pérdidas en agricultura y ganadería por aumento de temperaturas,

---

[383] USGCRP, 2018: *Impactos, Riesgos, y Adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II: Informe Resumido* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, B.C. Stewart, and A. Lustig (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, p. 13.

[384] USGCRP, 2018: *Impactos, Riesgos, y Adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II: Informe Resumido* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, B.C. Stewart, and A. Lustig (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, p. 13.

erosión y cambios en disponibilidad de agua; pérdida de infraestructura por precipitaciones más severas, inundaciones, incendios forestales; así como mayores gastos gubernamentales en cosas como gastos en salud por expansión de enfermedades asociadas a climas más cálidos. Uno de los puntos también relevantes trata del aumento en gastos de reparación y mantenimiento para la infraestructura de todo el país, pero de particular preocupación son las zonas costeras que suelen ser los focos de la mayor actividad económica (dada la conectividad que los océanos permiten con el mundo) a la vez que son también las zonas más vulnerables bajo un escenario de cambio climático, de ahí que el reporte refiera recurrentemente que «las necesidades potenciales de que millones de personas y miles de millones de dólares de infraestructura costera sean reubicados en el futuro crean problemas legales, financieros y de equidad complejos que aún no se han abordado».[385]

Y es que muchos de los daños del cambio climático en Estados Unidos no son cosa sólo de pronósticos, parte de la relevancia del reporte mencionado estriba en el reconocimiento del daño actual del cambio climático, por ejemplo se menciona que «la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica estima que Estados Unidos ha experimentado desastres climáticos y meteorológicos por USD $44 mil millones de dólares [*billions*, en inglés] desde 2015 (hasta el 6 de abril de 2018), incurriendo en costos de casi USD $400 mil millones».[386] Para ponerlo brevemente en perspectiva podemos mencionar que en unos cuatro años el costo de los desastres en que incurrió esta nación norteamericana equivalieron a *aproximadamente* cuatro veces el Producto Interno Bruto de Ecuador y la tendencia histórica reconocida por las propias agencias gubernamentales norteamericanas no ha hecho sino ir a la alza. De acuerdo al NOAA (*National Centers for Environmental Information* de los Estados Unidos) en 2019 (de enero a octubre) hubo 10 eventos climáticos que provocaron pérdidas de más de mil millones de dólares (*one billion*, en inglés) y en su sitio web puede apreciarse que la frecuencia de este tipo de eventos se ha incrementado: el

[385] USGCRP, 2018: *Impactos, Riesgos, y Adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II: Informe Resumido* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, B.C. Stewart, and A. Lustig (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, p. 55.
[386] Ibid, p. 56.

promedio anual de 1980-2018 fue de 6.3 eventos mientras que el de 2014-2018 fue de 12.6 eventos.[387]

Todo lo que estos estudios revelan es la realidad del cambio climático y el inevitable impacto que tendrá en el desarrollo económico de *todos* los países del mundo, de ahí el reiterado llamado por parte de gobiernos, comunidad académica y sociedad civil a mantener el incremento de temperatura global promedio por debajo de los 2°C respecto al promedio pre-industrial. Las consecuencias de no cumplir las metas son no menos que catastróficas pero de poder reducir las emisiones de gases de efecto invernadero el mundo civilizado tal vez tenga una oportunidad para reestructurarse:

> Relativo a un mundo que no se calentó más allá de los niveles de 2000-2010, proyectamos reducciones de 15%-25% en producto per cápita para 2100 para los 2.5-3°C de calentamiento global implícitos en los compromisos nacionales actuales, y reducciones de más de 30% para un calentamiento de 4°C. Así pues nuestros resultados sugieren que al alcanzar la meta de 1.5°C es probable que se reduzcan los daños agregados y se reduzca la desigualdad global, y que al fallar en alcanzar la meta de 2°C es probable que se incrementen los daños económicos sustancialmente.[388]

3.6. SOBRE LAS ALTERNATIVAS.

3.6.1. El fracaso del Desarrollo Sustentable.

Toda la discusión sobre "desarrollo sustentable" es bastante tardía en la historia del capitalismo, incluso el concepto como tal sólo fue acuñado hasta 1987 en el ya famoso *Informe Brundtland* de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), y sólo sería definido con amplitud en la *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo* hasta 1992, fecha en la cual la ONU lanza por primera vez la "propuesta" de obligar a los Estados a cumplir con los derechos ambientales de los seres humanos planteando los principios del *desarrollo sustentable*, el cual se definía como *el tipo de desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de*

[387] Cfr. NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters (2019). https://www.ncdc.noaa.gov/billions/

[388] Burke, Marshall, W. Matthew Davis, Noah S. Diffenbaugh, "Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets", *Nature*, Vol. 557, May 2018, p. 549.

satisfacer sus propias necesidades. Partiendo de esa lógica es que en 1997 múltiples naciones alrededor del mundo firman el *Protocolo de Kyoto*, el cual comprometía a las naciones firmantes (sobre todo a las del núcleo desarrollado que lleva la mayor parte de la responsabilidad histórica) a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a niveles que "no interfirieran con el sistema climático". Empero, el acuerdo no entraría en vigor sino hasta 2005 con la particular negativa de los Estados Unidos a firmar el tratado. Hoy, a más de diez años de la supuesta puesta en práctica del protocolo ninguna de las naciones firmantes ha conseguido (o siquiera intentado con seriedad) reducir sus emisiones, antes bien el ritmo de producción de gases de efecto invernadero se ha incrementado considerablemente y no hay signos visibles de que vaya a disminuir en el corto plazo; la ONU misma ha reconocido el rotundo fracaso de la iniciativa:

> En el último cuarto de siglo la economía mundial se ha cuadruplicado, beneficiando a centenares de millones de personas. Sin embargo, en el mismo periodo de tiempo, el 60% de los principales bienes y servicios de los ecosistemas del mundo, de los que depende el sustento del ser humano, se han degradado o utilizado de un modo insostenible. Así pues, *el crecimiento económico de las últimas décadas ha sido alcanzado agotando los recursos naturales*, sin dar tiempo a que las reservas se regeneren y permitiendo la degradación y pérdida generalizada de los ecosistemas.[389]

Esta tendencia autodestructiva ya no sorprende a nadie a estas alturas del juego, la economía mundial se ha multiplicado varias veces en unas cuantas décadas. De 1960 a 2014 algunas economías han multiplicado el tamaño de su economía muy por encima del promedio mundial, por ejemplo la de Botswana que se ha multiplicado por 38, Corea del Sur por 30, Rumania por 15, China por 11 y Tailandia por 18; y la tendencia no para.[390] Es un ritmo de producción increíble, un incremento impresionante en tan poco tiempo pero la tendencia ha sido constante desde hace por lo menos tres siglos; aunque es claro que el periodo neoliberal (que coincide con el periodo del que habla la ONU) ha sido el más impresionante de la historia. Lamentablemente para la ONU, sus organizaciones hermanas de posguerra como el

[389] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), *Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza – Síntesis para los encargados de la formulación de políticas*, Francia, 2011, p. 3. [cursivas mías]
[390] Roser, Max, "Economic Growth", 2020. En línea: https://ourworldindata.org/economic-growth [consultado el 30 de abril de 2020]

Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial, con quienes comparte la noble meta de cumplir los Objetivos de Desarrollo Sustentable, no parecen estarse tomando muy en serio la tarea. Así, ‹‹mientras que el mandato del Banco Mundial es "combatir la pobreza" y proteger el medio ambiente, su apoyo a los proyectos hidroeléctricos y agroindustriales en gran escala ha acelerado de paso el proceso de deforestación y la destrucción del medio ambiente natural, conduciendo al desplazamiento forzoso y al desahucio de muchos millones de seres humanos››.[391] Claro que como ya es costumbre los costos principales de la destrucción son absorbidos por los países periféricos:

> Lo que se transfiere de Norte a Sur no es sólo capital y tecnología sino también un conjunto de costos sociales y ambientales […] Cuando se conjuntan el desarrollo de capital desigual y combinado, parecería que la supercontaminación de las zonas industriales puede explicarse por la superdestrucción de la tierra y los recursos en las zonas productoras de materias primas, y viceversa. El agotamiento de recursos y la contaminación dependen uno de la otra; son el resultado necesario del mismo proceso universal de "valorización" del capital.[392]

Es un fenómeno tan viejo como el capitalismo mismo, algunos investigadores como Joan Martínez Alier han retomado el concepto de "deuda ecológica" para reflexionar sobre el mencionado fenómeno haciendo alusión al despojo histórico de recursos, a la dependencia forzada y a los daños ecológicos que ello acarrea para los países pobres al ser explotados por los países ricos. La idea es que si pusiéramos en una balanza el despojo de recursos y el daño medioambiental del que ha sido víctima el mundo "subdesarrollado" contra lo que la periferia debe a los centros por concepto de "deuda externa", los países metropolitanos saldrían perdiendo e incluso los deudores ahora serían ellos, ‹‹los acreedores son deudores, y los deudores son realmente acreedores, no sólo por la "deuda del dióxido de carbono" sino también por el comercio ecológicamente desigual, por los muchos pasivos ambientales que se han acumulado por la exportación de madera, petróleo, minerales sin que se haya corregido el daño ambiental, y sin que se pueda corregir en muchos casos››.[393]

---

[391] Chossudovsky, Michel, *Globalización de la pobreza y nuevo orden mundial*, Siglo XXI, México, 2013, p. 25.
[392] O'Connor, James, *Causas naturales: ensayos de marxismo ecológico*, Siglo XXI, México, 2001, pp. 236-237.
[393] Martínez Alier, Joan *et al.*, *¿Quién debe a quién?: deuda ecológica y deuda externa*, Diario Público, España, 2010, p. 11.

En los inicios del siglo XXI mientras presenciamos la delirante carrera por el crecimiento económico en los países emergentes y el intenso mano a mano por el control de recursos entre las grandes potencias, observamos también que los campos de batalla donde más se ha desangrado el mundo natural se encuentran en los países "subdesarrollados" quienes luego de algunos breves chispazos de autonomía durante el periodo keynesiano ahora vuelven a la dinámica de la *desindustrialización* y la *desacumulación*, centrándose de nuevo en la exportación de materias primas como principal fuente de ingreso y desarrollo.

> Las economías latinoamericanas se apoyan considerablemente en un aumento de exportaciones de petróleo, gas, minerales como hierro, cobre, estaño, oro, también maderas y piensos como la soja y la harina de pescado, y por eso se está hablando de una ‹‹reprimarización›› de esas economías, pero eso no es muy novedoso, es un *déjà vu* económico que tiene consecuencias ambientales más graves aún que las de las anteriores oleadas exportadoras.[394]

El problema es que en un contexto de sistema-mundo los países en desarrollo que pretenden impulsar programas sociales sin tener una potencia tecnológica adecuada mientras son bombardeados por la superior capacidad industrial de los centros, muchas veces (por no decir siempre) no ven otra salida al crecimiento más que echando mano de la única "ventaja comparativa" con la que son dejados: recursos naturales. Y ‹‹a pesar de que los efectos positivos del crecimiento económico pueden ser dudosos, inclusive para trabajadores sindicalizados y organismos públicos, parece ser obvio que el "no crecimiento" no es una propuesta política viable para las sociedades democráticas en un mundo de enormes desigualdades sociales, y confrontado ante el poder de los modos existentes de producción y de vida››.[395] Es por esto que los gobiernos "progresistas" del bloque latinoamericano que sustentan su derecho a la autonomía desde la "seguridad" que les da el control de amplias reservas de recursos naturales a la larga son completamente insustentables, no sólo por los ya visibles y alarmantes daños ecológicos sino porque la principal fuente de ingreso proviene de los hidrocarburos, una fuente de energía que tiene los días contados.[396] Así llegamos a un

[394] Ibíd., p. 51.
[395] Mahnkopf, Birgit, "Desigualdad social o giro a "economía verde": ¿respuesta adecuada para la crisis epocal del capitalismo?", en: *Mundo Siglo XXI*, revista del CIECAS-IPN, Nº 32, 2014, p. 26.
[396] ‹‹El presidente Rafael Correa de Ecuador dice y repite a los indígenas que son "mendigos sentados en un saco de oro". Lo dijo el 10 de agosto de 2012 en su informe a la nación y en Quimsacocha, en el Azuay, defendiendo a la compañía minera Iamgold […] es un presidente con muchas virtudes pero

punto central en lo que al "límite ecológico" del capital se refiere. Como veremos más adelante, todos los principales minerales útiles para la industria así como la mayor parte de los hidrocarburos están agotándose o han llegado al *pico* de su extracción. Eso sin mencionar los recursos necesarios para la vida, de los cuales el 60% dice la ONU que se han degradado o utilizado de un modo insostenible, así que cualquier discusión seria tendría que tomar en consideración no sólo lo vital para la producción capitalista sino también lo vital para la reproducción de la vida; puede que los límites del capitalismo sean los límites de la vida del planeta:

> Aunque constituye un tema muy controvertido el que si tendría sentido definir y en qué forma los "límites ecológicos" del capitalismo, cualquier debate serio acerca de la crisis reciente *a su interior* y probablemente *del* capitalismo, tendría que tomar en cuenta en sus consideraciones "las fronteras planetarias", que en un estudio excepcional, elaborado por un grupo de 29 destacados científicos internacionales, se ha considerado necesario definir.[397] De los nueve procesos en la biosfera que Rockström *et al.,* identificaron, tres fronteras ya habían sido excedidas: cambio climático, interferencia en el ciclo del nitrógeno y pérdida de biodiversidad. La mayor parte de las otras fronteras se encuentran muy cerca de ser transgredidas.[398]

Pero bueno, tal vez al capitalismo o a los capitalistas no les preocupen los *límites planetarios* que tanto preocupan a nuestros camaradas científicos de las ciencias naturales, ya que la dinámica de la acumulación no parece estar deteniéndose. Sin embargo el problema aquí es un problema estructural, el *patrón tecnoenergético* que ha dado vida al capitalismo durante por lo menos tres centurias está llegando a su fin y se encuentra dando las últimas patadas de ahogado mientras el "gran capital" le aplica vigorosos choques eléctricos en un demente intento por mantener vivo al desahuciado paciente. Y es que ‹‹la industria del petróleo no es un sector más de la economía, sino el motor mismo de un conjunto de

---

tiene un defecto común en muchos economistas: él es antiecologista (diga lo que diga la muy verde Constitución de Ecuador de 2008), y en eso coincide con otros dirigentes nacionalistas-populares de América Latina››. Martínez Alier, Joan, ‹‹Quimsacocha: "mendigos sentados en un saco de oro"››, *La Jornada*, Domingo 7 de octubre de 2012.

[397] El artículo al que se refiere Mahnkopf es el siguiente: Rockström, Johan *et al*., "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity", en: *Ecology and Society*, 14 (2), 2009. URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/

[398] Mahnkopf, Birgit, Op. Cit., p. 25.

actividades industriales básicas, que abarcan desde el sector energético y de carburantes hasta la industria petroquímica, los fertilizantes y asfaltos, los productos plásticos y la industria farmacéutica, entre muchas otras actividades industriales››.[399]

El petróleo es la sangre y alma del capitalismo, históricamente fue la base del gran salto tecnológico capitalista, la potencia energética de los hidrocarburos no había tenido parangón en la historia humana y fue sólo gracias a ella que las tasas de crecimiento económico de nuestro tiempo han sido tan elevadas (tal como lo demuestran Angus Maddison y Thomas Piketty). El asunto es que tanta potencia vino con su inevitable costo ecológico y lamentablemente para el capital se trataba de recursos no renovables que ya en el siglo XXI toparán con un límite natural. Ahora el problema es que parte importante del dominio de las grandes potencias proviene de su acceso a los recursos naturales, y qué mejor manera de dominar al mundo que a través del dominio de la sustancia que le da vida. Todos los países se subordinan al patrón energético impuesto por los señores del capital porque *la tecnología creada por los centros que luego el mundo entero adopta está adaptada para funcionar con ese patrón energético*, así que el mundo está a la expectativa de que los amos del mundo decidan bombear la negra sangre al torrente sanguíneo de la economía mundial. Hoy por hoy Estados Unidos es la nación que domina el mercado energético global, la única que por sí sola consume el 25 por ciento de la producción energética total, y la principal encargada de llevar el espeso icor al resto del mundo; su supremacía depende entonces en gran medida de mantener el mismo patrón energético y no está en su interés inmediato cambiar el estado de cosas:

> Y puesto que el poder americano emana de su dominio sobre una economía global que depende por entero de la energía, Estados Unidos debe su supremacía a la energía y en consecuencia se ha mostrado dispuesto a defender la estabilidad de la economía energética por prácticamente todos los medios de que dispone: económicos, diplomáticos e incluso militares […] Como consecuencia de este poder y dependencia simultáneos, Estados unidos es, y será, la fuerza preeminente en la formulación de la nueva economía energética. Estados Unidos es el único país con el poder económico, la experiencia tecnológica y la reputación internacional necesarios para moldear el próximo sistema energético. Si el gobierno

[399] Giordano, Eduardo, *Las guerras del petróleo: geopolítica, economía y conflicto*, Icaria, Barcelona, 2003, p. 44.

> estadounidense y sus ciudadanos decidieran diseñar un nuevo sistema energético e implantarlo en un plazo no superior a veinte años el resto del mundo se vería obligado a adoptarlo.[400]

Por ello, la vocación imperialista de los Estados Unidos ha conocido un importante renacimiento desde finales del siglo XX, diversificando las formas de dominación a través de medios políticos y económicos impulsados por el periodo neoliberal, pero también el águila calva americana no abandona los viejos métodos guerreros y se hace sentir a través de una avasalladora supremacía militar. Aunque ahora, ‹‹a diferencia de otras guerras anteriores, en las que una vez terminadas las hostilidades era posible retirar las fuerzas, estos otros conflictos van a demandar la presencia *permanente* de soldados estadounidenses. Por lo menos, mientras sigamos necesitando de esas fuentes para una proporción significativa de la energía que consumimos››.[401] La hegemonía estadounidense depende de ello:

> La propuesta de articulación de la geopolítica con la economía internacional requiere en primer lugar desmitificar el problema de las reservas y los flujos mundiales de petróleo. Hemos visto que Estados Unidos no depende del petróleo de Oriente Medio para mantener abastecido su mercado interno, pero en cambio sí lo explotan sus compañías transnacionales, como intermediarias para suministrarlo al resto del mundo. El segundo punto de articulación importante se deriva en gran parte del anterior: la posición de fuerza de Estados Unidos –y Gran Bretaña- en el sector energético, sumada a la mayor dependencia exterior de los consumidores europeos y asiáticos, tiene un impacto considerable sobre la fortaleza del dólar –y de la libra esterlina- en el sistema monetario internacional, con todas las ventajas que este privilegio conlleva para la evolución económica internacional.[402]

Ahora bien, el petróleo se va a terminar, pueden retardar la caída de la producción pero no evitarla, y en este preciso momento histórico *aún no existen alternativas viables para sustituir a la energía fósil a escala de economía-mundo*, las alternativas que han comenzado a implementar las grandes transnacionales han resultado ser igual o más dañinas, como lo son la energía nuclear y los agrocombustibles (los cuales tienen la particular característica de además de contaminar también reducir la tierra para cultivo de alimentos). Se hace inevitable

[400] Roberts, Paul, Op. cit., p. 33.
[401] Klare, Michael T., *Sangre y petróleo: peligros y consecuencias de la dependencia del crudo*, Tendencias Editores, Barcelona, 2006, p. 268.
[402] Giordano, Eduardo, Op. cit., p. 32.

la transición a una *economía postpetróleo*, ‹‹llegará un momento en que la oferta mundial, y además las consecuencias medioambientales del uso ilimitado del petróleo –el aumento de la temperatura, la subida del nivel del mar, las tormentas cada vez más destructivas- serán más insoportables. Es indiscutible que va a producirse una transición energética dentro de los decenios próximos››.[403]

Otras alternativas energéticas que puedan mantener la misma escala de producción histórica del capital no se han desarrollado aún, el hidrógeno como sustituto es lo que varios especialistas del área aseguran es lo más viable pero el hidrógeno no se toma así nada más de la tierra como es en el caso del petróleo, hay procesos complejos para extraerlo, tecnologías que desarrollar y aplicar a gran escala de las cuales aún se desconocen los costos económicos. Mientras tanto los grandes capitalistas comienzan una batalla salvaje por el control del mercado mundial en una desenfrenada carrera por adquirir el control de los últimos recursos sobre la tierra.[404] Nadie ha respetado el Protocolo de Kyoto, Canadá en 2012 decidió abandonarlo, China a pesar de su gran tamaño ya no es autosustentable energéticamente y tiene que recurrir a importaciones masivas de petróleo y ha comenzado también una expansión imperialista peleando reservas de hidrocarburos en Siberia contra Japón, la batalla se extiende a territorios inhóspitos como el Ártico, los procesos de extracción se vuelven más brutales también para otros minerales escasos que provocan fenómenos desastrosos como la minería a cielo abierto, la inyección de agua limpia a pozos, y demás atrocidades propias de la edad industrial. Nadie sabe qué tecnología será la propia de la próxima edad energética, ni cuándo por fin empezaremos a ver la transición, ni siquiera cuánto durara o cuál será el costo económico, humano y ambiental de tal cambio de paradigma:

> Es más, aun en el caso de que se desarrolle alguna tecnología prodigiosa, ésta no constituye en sí misma ninguna garantía de una transición ordenada o pacífica. Históricamente se ha comprobado que los cambios de una tecnología energética a otra han sido traumáticos […] ¿Cuánto duraría la transición: una década, cincuenta años? […] ¿Y quién ejercerá el control? ¿Es probable que las potencias mundiales […] sigan siendo los líderes de ese

[403] Klare, Michael T., *Sangre y petróleo*, Op. cit., p. 291.
[404] Cfr. Klare, Michael T., *The race for what's left: the global scramble for the world's last resources*, Metropolitan Books, United States, 2012.

> mundo nuevo y valiente? ¿O acaso el nuevo orden energético dará origen a un orden político también nuevo?[405]

Hay, sin embargo, algunos autores que creen que el cambio a las tecnologías verdes ya se está dando, como Jeremy Rifkin, quien por alguna razón inexplicable sigue atrayendo lectores y fama internacional. De acuerdo a Rifkin, aunque ahora vivimos una edad de desempleo, pobreza, contaminación y demás calamidades que siguen en aumento todo ello será transformado por obra y gracia de las tecnologías verdes que mágicamente harán que el mundo se vuelva "democrático" en el uso de la energía, por lo cual sin que el capital se dé cuenta ya estamos pasando "de la era industrial a la edad colaborativa"; casi como el paso al comunismo simplemente porque habrá un cambio a una edad ecológica producto de lo que él llama la "Tercera Revolución Industrial". Nunca queda claro cómo pasará esto ni usa datos suficientes para comprobar que esto esté sucediendo, además de no tomar en cuenta la dinámica de propiedad privada del capitalismo y sus leyes internas:

> […] una Tercera Revolución Industrial […] En esa era que ahora llega, centenares de millones de personas producirán en sus casas, en sus oficinas y en sus fábricas su propia energía verde, y compartirán unas con otras una ‹‹Internet energética››, de igual modo que ahora creamos y compartimos información en línea. La democratización de la energía traerá consigo un reordenamiento fundamental en las relaciones humanas y repercutirá en la misma manera en la que hacemos negocios, gobernamos la sociedad, educamos a nuestros hijos e hijas, y nos implicamos en la vida cívica.[406]

En una versión menos disparatada que sí reconoce la existencia del capital la ONU también promueve el tránsito a una "economía verde", sosteniendo que el problema actual es derivado de "una época marcada por una asignación incorrecta del capital". Alega el reporte del PNUMA (ya citado) que el tránsito a un capitalismo ecológico es posible porque lo único que está mal es la asignación incorrecta del capital y no el capital mismo, en sus predicciones aseguran que el capitalismo puede continuar su ritmo de crecimiento si se vuelve verde y que la versión de un crecimiento más lento dado el caso de que se dé la transición no se sostiene. Sin embargo reconocen, como ya vimos, que el crecimiento

[405] Roberts, Paul, *El fin del petróleo*, Diario Público, España, 2010, p. 24.
[406] Rifkin, Jeremy, *La Tercera Revolución Industrial: cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo*, Paidós, Barcelona, 2011, p. 14.

económico de las últimas décadas ha sido alcanzado agotando los recursos naturales, por lo que nunca queda claro en el reporte cómo será posible mantener el ritmo de crecimiento.

Dado el supuesto caso de un retorno al keynesianismo que ahora sería verde, la naturaleza expansiva del capitalismo no se anula, en tres siglos de historia industrial capitalista no se ha dado el caso de un proceso de acumulación que respete el mundo natural, ‹‹la transformación de las áreas y bienes comunales en mercancías tiene dos implicaciones: priva a los grupos políticamente más débiles de su derecho a la supervivencia (que ejercían mediante su acceso a tales recursos comunales) y hurta a la naturaleza su derecho a la autorrenovación y a la sostenibilidad al eliminar las limitaciones sociales al uso de los recursos (limitaciones que suponen la base de la gestión de la propiedad común)››.[407] Además de que históricamente se ha demostrado que ningún caso de aplicación de "tecnologías limpias" o "innovaciones tecnológicas" ha promovido la disminución del proceso de depredación de recursos, más bien lo ha promovido:

> Primero que nada, se encuentra la denominada *Paradoja de Jevons*, que se refiere al "rebote" y al "contrafuego" como efectos de las innovaciones tecnológicas –que, con evidencia histórica, muestran que el uso global de energía e insumos, así como las emisiones, se encuentran en ascenso, a pesar de o debido a la eficiencia lograda por las innovaciones–. En segundo lugar, existen límites para la sustitución de los recursos necesarios para cualquier tipo de actividad económica: la evidencia histórica muestra que cuando la extracción de recursos en algún sector fue limitada –sea éste el de minerales metálicos, minerales industriales o de construcción, combustibles fósiles o biomasa–, la sustitución de un tipo por otro incrementaba la extracción de recursos en general, de suerte que, comúnmente se conectaba con nuevos conflictos ecológicos y políticos (p.ej. sea que se utilicen las cosechas para la producción de alimentos o para agrocombustibles). En tercer lugar, aún si no hubiera escasez física de metales, minerales, combustibles fósiles y biomasa, el problema más urgente en verdad se ubica del lado de la producción de cualquier tipo de economía en crecimiento, a saber, el desperdicio y la contaminación.[408]

El problema no está en la tecnología en cuanto tal, está en las relaciones de producción capitalistas y su ciega ansia de producción de ganancias sin tomar en cuenta el sistema real

[407] Shiva, Vandana, *Manifiesto para una Democracia de la Tierra: justicia, sostenibilidad y paz*, Paidós, Barcelona, 2006, p. 40.
[408] Mahnkopf, Birgit, Op. cit., p. 30.

de necesidades humanas, ‹‹no hay antagonismo entre tecnología (en el sentido de técnicas de base científico-teórica) y ecologismo, sino entre tecnologías destructoras de las condiciones de vida de nuestra especie y tecnologías favorables a largo plazo a ésta››.[409] Es cierto que parte de la crisis civilizatoria que vivimos se explica por la dinámica de acumulación del capital mismo, sin embargo también es necesario tomar en cuenta el factor de que *el capital pervierte el desarrollo tecnológico, convierte las fuerzas productivas en fuerzas destructivas* (como escribiera Marx en la *Ideología Alemana*), por lo que la destrucción natural no es producto sólo de la acumulación capitalista sino de un tipo de tecnología que le es propia:

> La diferencia de fondo entre quienes enfatizan la especulación como núcleo de la crisis alimentaria y quienes para explicarla subrayamos la tendencia al deterioro de las premisas agroecológicas de la producción y a la escasez, está en que ellos siguen el razonamiento canónico según el cual en el capitalismo las fuerzas productivas encarnan la virtud y el pecado radica nada más en las relaciones de producción, mientras que para nosotros el sistema ha pervertido también a las fuerzas productivas que se volvieron destructivas.[410]

Por ello, en el mejor de los casos, la aplicación de una tecnología "sustentable" bajo el esquema capitalista sólo disminuirá el ritmo salvaje de depredación medioambiental pero no lo anulará. De cualquier forma es necesario presionar por un cambio a otro patrón energético así sea para dar un respiro a los movimientos sociales o para prevenir que la calidad de vida de la población (que continúa aumentando de manera alarmante) se siga viendo mermada. Tal como la misma ONU lo reconoce:

> En lo que respecta a la seguridad alimentaria, no parece que, a nivel general, se haya comprendido la naturaleza del problema ni que se estén buscando soluciones colaborativas para dar con la manera de alimentar a una población de nueve mil millones de personas en 2050. La escasez de agua dulce es ya un problema mundial, y las previsiones señalan que en 2030 el desequilibrio entre la demanda anual y el suministro renovable de agua dulce será aún mayor. Las perspectivas respecto a la mejora de los servicios de saneamiento siguen siendo poco halagüeñas para más de 2.600 millones de personas; 884 millones siguen sin tener acceso al agua potable. *Colectivamente, las diferentes crisis están afectando*

[409] Sacristán, Manuel, *Pacifismo, ecologismo y política alternativa*, Diario Público, España, 2009, p. 176.
[410] Bartra, Armando, *Hambre: dimensión alimentaria de la gran crisis*, MC Editores-UAM Xochimilco, México, 2013, p. 26.

> *gravemente nuestra capacidad para sostener la prosperidad en todo el mundo* y alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para erradicar la pobreza extrema. Además, se están agravando problemas sociales persistentes desde la pérdida de empleos y la inseguridad socioeconómica, hasta la pobreza, y una estabilidad social amenazada.[411]

En conclusión, el capitalismo ha mantenido una relación depredatoria con el mundo natural, ya James O'Connor señalaba la contradicción capital-naturaleza como la segunda contradicción del capitalismo (siendo la primera la contradicción valor-valor de uso). En la larga duración la utilización del patrón tecnoenergético fosilista fue lo que permitió al capitalismo dar el gran salto expansivo de los últimos tres siglos pero fue lo que al mismo tiempo provocó que la capacidad ecológica del planeta necesaria para sustentar la vida se deteriorara a niveles ya irreversibles. Ahora que los recursos vitales para la industria (entre los que se incluye el petróleo) están a punto de agotarse no hay alternativas viables en el horizonte que permitan pensar en un capitalismo sustentable, aún más tomando en consideración la constante necesidad capitalista de expansión y consumo para existir como sistema. La transición a una *economía postpetróleo* tendrá que darse antes de que termine este siglo, pero en el ínterin las grandes potencias están incrementando exponencialmente su ritmo de producción en una "carrera por los últimos recursos del mundo" lo cual continúa agravando la problemática medioambiental. Está por verse cuándo empezará la transición, cuánto durará, qué tan traumática será, y por el momento no se sabe qué tanto los costos económicos de la aplicación de nuevas tecnologías afectarán a la tasa de ganancia del capital.

> En España, Antonio Turiel (científico titular del CSIC y presidente del Oil Crash Observatory) […] calcula que sustituir los aproximadamente 6 exajulios de energía primaria usada anualmente en España por fuentes renovables implicaría instalar un terawatio eléctrico, de modo que *las necesidades de capital de esta transformación se elevarían a 4.12 billones de dólares: tres veces el PIB de España*. Si se adoptase una "economía de guerra" que permitiese destinar el *10% del PIB cada año* para sufragar esa transición hacia uno de los rasgos básicos de una sociedad sostenible (un sistema energético sostenible), y suponiendo que el territorio nacional pudiese proporcionar toda esa energía renovable (y sin entrar a considerar los problemas de "cuellos de botella" y otras escaseces, por ejemplo,

[411] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Op. cit., p. 1. [cursivas mías]

> en materiales raros, que sin duda aparecerían, *se necesitarían 32 años para completar la transformación* (y sin tener en cuenta costes financieros y otros gastos indirectos).[412]

También están por verse los nuevos ganadores, la supremacía mundial de Estados Unidos también depende en buena medida de su control del mercado mundial de energéticos basado en los hidrocarburos y ello lleva a dicha nación a retrasar cualquier intento de un cambio de paradigma energético, por lo que podríamos presenciar en este siglo el fin del ciclo hegemónico del capital norteamericano a la par del agotamiento de los recursos, a no ser que sea esa misma nación quien promueva el tránsito al nuevo paradigma. ‹‹En este contexto, no resulta una exageración plantear que la economía basada en el crecimiento (y la deuda) del capitalismo contemporáneo enfrenta una crisis epocal, no sólo una de sus crisis normales de acumulación. Al menos no son claras las posibilidades que tiene el capitalismo de escapar de su crisis actual. Por ello, no se puede eludir la discusión sobre los factores limitantes del crecimiento económico en las sociedades capitalistas››.[413]

En general los gobiernos del mundo ya visiblemente alarmados ante el cambio climático y la destrucción del ambiente (como se vio en la COP-21 en 2015) recurren a tácticas propias del derecho internacional para intentar resolver el problema, firmando acuerdos, tratados y protocolos que hasta el momento han caído en letra muerta. El protocolo de Kyoto ha sido brutalmente desatendido, los Objetivos del Milenio no se cumplieron y ahora dan paso a los Objetivos de Desarrollo Sustentable que tampoco parece que se vayan a cumplir en el plazo establecido, las Metas de Aichi impulsadas por la Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD) también están muy lejos de cumplirse e incluso hay países que retroceden en el cumplimiento de sus compromisos. Por ejemplo, de 166 países que pretenden responder ante la CBD acerca del cumplimiento de las Metas de Aichi sobre biodiversidad la mayoría responde en sus evaluaciones que no ha tomado medidas para alcanzar las metas:

> En términos generales, la evaluación de la información que figura en los informes nacionales indica que entre el 64% y el 87% de las Partes no están encaminadas para alcanzar una Meta de Aichi para la Diversidad Biológica determinada. Esta evaluación

[412] Riechmann, Jorge, *Autoconstrucción. La transformación cultural que necesitamos*, Catarata, Madrid, 2015, p. 34.
[413] Mahnkopf, Birgit, Op. cit., p. 31.

> coincide con la conclusión presentada en la cuarta edición de la Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica.[414]

Intentar modificar el sistema legal para atender problemas de fondo, como desempleo, seguridad social, pobreza, es entonces atender a las apariencias del fenómeno y no a las esencias. La pobreza no se erradica con decretos presidenciales sino atendiendo a las bases materiales que sustentan la vida de la población, modificando las bases económicas que la reproducen y no sólo las leyes que legitiman a lo material. Atentar contra los cimientos de lo económico es entonces atentar contra los cimientos del derecho de las élites si pensamos a lo económico como lo económico-capitalista en términos generales.

> La ley se crea en las disputas de poder-políticas de los estados, en última instancia bajo la lógica del capital, en el contexto de un sistema imperialista. Los mismos problemas sociales que los escritores liberales-cosmopolitas quieren que terminen son el resultado del sistema internacional, el cual es el sistema legal internacional. Las formas y relaciones del derecho internacional son las formas y relaciones del imperialismo. Intentos de reformar a través de la ley tan sólo pueden remendar el nivel superficial de las instituciones.[415]

Así como tecnologías verdes no significan el fin del capitalismo depredador, legislaciones verdes tampoco significan demasiado. Además, ‹‹en lugar de una regulación estatal adecuada, hoy las cuestiones sociales y ambientales de la industria se atienden mediante códigos voluntarios y la responsabilidad social corporativa››.[416] Los tratados internacionales siempre anunciados con bombo y platillo rara vez encuentran eco en legislaciones ambientales transnacionales o nacionales. Por ejemplo, en el caso de la legislación de químicos a pesar de muchas normas internacionales al respecto no se cuenta con un marco adecuado.

---

[414] Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), PROGRESOS ALCANZADOS EN LA APLICACIÓN DEL CONVENIO Y DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA 2011-2020 Y EN EL LOGRO DE LAS METAS DE AICHI PARA LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA, UNEP/CBD/SBI/1/2 ,18 de marzo de 2016, p. 5.

[415] Miéville, China, *Between equal rights: a Marxist theory of international law*, Koninklijke Brill NV, The Netherlands, 2005, p. 316. (traducción propia)

[416] North, Liisa L. y Young, Laura, "Generando derechos para las comunidades perjudicados por la minería: litigios y otras acciones", en: García Zamora, Rodolfo (coordinador), *Megaminería, extractivismo y desarrollo económico en América Latina en el siglo XXI*, UAZ-Porrúa, México, 2015, p. 118.

> En general, el desarrollo de la legislación para el control de las sustancias peligrosas y los productos que las contienen ha sido lento e irregular. Como resultado, mientras algunos países disponen de una variedad de leyes que controlan los diversos pasos de la producción, uso manejo y desecho de dichas sustancias y productos, otros aún carecen de legislación específica […] otros más, se encuentran en una etapa intermedia, en la cual con frecuencia las leyes para la regulación y control de las sustancias peligrosas son obsoletas, incompletas o generales.[417]

Y como es costumbre la legislación es aún peor en países de las periferias del sistema, a donde los países metropolitanos intentan exportar la mayor parte del daño:

> […] en los países en desarrollo se aprueban reglamentaciones laxas e ineficaces y predomina una falta generalizada de métodos de control, o bien, si los tienen, carecen de capacidad o de voluntad política para aplicarlos. Estas carencias facilitan el traslado e instalación en ellos de industrias con tecnología obsoleta o para producir sustancias que ya han sido prohibidas en otros países… Este comportamiento frecuente y poco ético en que han incurrido muchas grandes corporaciones internacionales, se conoce como "exportación de riesgos".[418]

Sin embargo, a pesar del fracaso de las leyes y los tratados las más de las veces el Derecho es de las pocas armas que quedan a las comunidades en lucha, por lo que tampoco conviene subestimar la capacidad de herramientas legales para hacer respetar el derecho a un medio ambiente saludable.

> El hecho es que las acciones legales, hasta la fecha, no han producido ninguna reparación para quienes se han visto perjudicados por las actividades extractivas de nuestras corporaciones mineras. Sin embargo, sólo mediante la intervención pública -que incluye llamar la atención de los medios de comunicación, la investigación objetiva en las universidades y el apoyo amplio a las reformas de leyes y reglamentos- las comunidades podrán asegurar sus derechos y obtener medidas correctivas. Para avanzar hacia una resolución pacífica en lugar de la creciente confrontación actual, se requiere un cambio de políticas en Canadá para regular mejor la conducta de sus corporaciones mineras en el país y en el extranjero.[419]

---

[417] América Albert, Lilia, et al., *México tóxico. Emergencias químicas*, Siglo XXI, México, 2015, p. 54.
[418] Ibid., p. 39.
[419] North, Liisa L. y Young, Laura, Op. cit., p. 138.

3.6.2. Sobre crecimiento y decrecimiento.

Partiendo del entendimiento de la necesidad de alternativas científicas, libres en la medida de lo posible de lo que podemos caracterizar como "romanticismo económico", es que damos paso al análisis de una de las pocas corrientes teóricas de este nuevo siglo que intentan estudiar con seriedad científica una alternativa al crecimiento desbocado del capitalismo contemporáneo.[420] Me refiero específicamente a la *teoría del decrecimiento*, la cual argumenta que la idea de un crecimiento sustentable es un absurdo, sencillamente no puede haber un crecimiento sustentable, o hay crecimiento o hay sustentabilidad. Como ya lo hemos esbozado en este mismo trabajo, el capital cada vez necesita de escalas mayores de producción para reproducirse y mantener la tasa de ganancia elevada, por lo que aunque se utilicen técnicas mejoradas de producción el crecimiento acelerado termina por hacer que se consuman cada vez más y más recursos acercándonos más y más al colapso**.**

El problema, según esta corriente, es que los economistas han tomado al Producto Interno Bruto (PIB) como medida de bienestar de una nación, empatando crecimiento de la producción con bienestar material y social (lo cual históricamente se ha visto desmentido). Siendo así, las naciones compiten por mantener tasas de crecimiento del PIB elevadas, lo que se refleja en general en mayores ganancias para los capitales nacionales que logran posicionarse mejor en el mercado mundial. El detalle catastrófico viene entonces cuando en esta carrera por el crecimiento en un mundo finito comenzamos a producir más de lo que el planeta puede ofrecer, y si bien durante los albores de la era capitalista la estrategia de crecimiento desbocado funcionó para los países occidentales que llevaron este modo de producción al resto del orbe el planeta ya no está en condiciones de permitir que este crecimiento siga como en las dos últimas centurias.

> A partir de los años setenta, siguió creciendo el PIB estadístico, pero el bienestar real de la gente no, es decir, que los costos del crecimiento se volvieron superiores a sus beneficios. Hay que pagar cada vez más para reparar los daños producidos por el crecimiento […] Crecimiento de qué y hasta dónde, esto es lo que los economistas, al transferir la metáfora del organismo a

[420] "[…] el decrecimiento también es un proyecto político de transformación de la sociedad. Para realizar este proyecto vamos a necesitar técnicas y ciencias. Impulsando que la ciencia prometeica occidental, esta ciencia agresiva contra la naturaleza, asuma el paso hacia una ciencia que observe la naturaleza y trate de reducir nuestra huella ecológica". Latouche, Serge, "Decrecimiento como solución a la crisis", en: *Mundo Siglo XXI*, México, CIECAS-IPN, IV(21), Verano 2010, p. 53.

> la economía, olvidan. Desconocen los límites. El crecimiento sin límites es una fantasía, un absurdo […] El planeta no puede soportar la duplicación del PIB por una razón sencilla: se ha rebasado en 50% la capacidad de regeneración de la biosfera.[421]

Y sin embargo los economistas insisten en que puede existir un crecimiento verde, para probarlo constantemente recurren a la idea del "desacoplamiento" del crecimiento económico con respecto al uso que se hace del ambiente, alegan con cifras de PIB verde que históricamente se ha visto (en algunas partes del mundo) que se puede crecer mientras el consumo energético disminuye (con respecto al PIB cabe aclarar). Pero todo lo manejan en términos de porcentajes, si se analiza el asunto en término de volumen utilizado de recursos el problema comienza a ser bastante visible, puede que el PIB crezca lo mismo con menos uso *porcentual* de energéticos, pero en la realidad el uso de energéticos no ha parado de crecer:

> Frente a los retos de la seguridad del suministro energético y la lucha contra el cambio climático, la mejora de la intensidad energética, esto es, la disminución de los inputs energéticos necesarios para hacer aumentar el PIB en un punto, es la herramienta preferida a la hora de conjugar el crecimiento económico con la contención del consumo energético […] Esta medida se ha utilizado como un indicador importante de la desmaterialización de la economía. En un escenario de desmaterialización, el PIB sigue aumentando en el tiempo, mientras que la intensidad energética disminuye. El consumo energético, por su parte, no disminuye en términos absolutos, pero su crecimiento queda desacoplado del crecimiento económico […] Aunque sin duda una desmaterialización de la economía reduciría de manera relativa el consumo energético, en términos absolutos, ésta no se está dando […] Es necesario, pues, distinguir entre la desmaterialización débil o relativa y la absoluta o fuerte […] Sólo esta última contempla la reducción del consumo de recursos (energéticos y materiales) en términos absolutos.[422]

Además, conviene recordar que cuando se habla de crecimiento del 1% del PIB, por ejemplo, ese uno porciento es con referencia a una cantidad de producción preexistente, por lo que aún dado el hipotético caso de que una nación crezca durante varios años sólo un 1%, ese mismo 1% año con año es más grande con referencia al año previo *en términos de*

[421] Latouche, Serge, Op. Cit., p. 49.
[422] Gómez Cañete, Daniel, "Decrecimiento y energía en Europa", en: *Ecología Política, No. 35, decrecimiento sostenible*, Icaria, 2008, p. 85.

volumen, año con año el volumen de recursos utilizados para generar ese mismo uno porciento de crecimiento del PIB es cada vez mayor. Así, más allá del discurso del crecimiento verde lo que estamos experimentando es la misma vieja y conocida *paradoja de Jevons* (la cual veremos en próximos apartados), la razón principal por la que las tecnologías verdes no han podido resolver el problema de fondo, que es la necesidad del capitalismo de expandirse constantemente a escalas cada vez mayores.

> Pese a los discursos bienintencionados, lo cierto es que se prevé que el consumo energético en Europa y en todo el mundo no deje de crecer, incluso en aquellos escenarios "virtuosos" en los que se contempla un aumento de la eficiencia, del desarrollo tecnológico, e incluso cambios de hábitos en los consumidores. Así, en un escenario denominado "alternativo", se espera que, respecto a 2005 el consumo energético europeo en 2030 crezca un 3,8%, frente a un crecimiento del 13,5% en el escenario continuista o de referencia.[423]

Así pues, el discurso del decrecimiento no sólo aboga por una reducción porcentual del crecimiento económico, del PIB, ni siquiera aboga por una desaceleración o por una *economía de estado estacionario* como propusiera Herman Daly, lo que los partidarios del decrecimiento sugieren es que la ‹‹economía debe decrecer físicamente […] es decir, en términos de las toneladas de los flujos de materiales, de la energía, de la HANPP [Apropiación Humana de la Producción Primaria Neta de Biomasa], y también del uso del agua››.[424] Claro que una propuesta de este estilo al interior de un esquema de reproducción social capitalista suena a cosa de locos, en realidad no tiene mucho o nada de compatible con lo que es el capitalismo, y quienes proponen esta alternativa saben bien que hay problemas que vienen de la mano con decrecer, el más obvio de ellos es el empleo porque cómo se puede generar empleos en un contexto de crecimiento negativo. Cómo decirle a obreros y sindicatos que apoyen la iniciativa si su calidad de vida en un contexto de creciente pauperización depende de que las economías crezcan; el capitalismo ha hecho a los obreros dependientes del crecimiento económico y ya no puede pedírseles que regresen a esquemas de autosubsistencia:

---

[423] Gómez Cañete, Daniel, Ibid., p. 85.
[424] Martínez Alier, Joan, "Decrecimiento Sostenible: París, abril del 2008", en: *Ecología Política, No. 35, decrecimiento sostenible*, Icaria, 2008, p. 55.

> El decrecimiento económico causará dificultades sociales que hemos de resolver para que nuestra propuesta pueda ser socialmente aceptada. La productividad del trabajo (por ejemplo, el número de automóviles que un obrero produce al año) crecen 2 ó 3 por ciento anualmente y si la economía no crece, eso llevaría a un aumento del desempleo. Nuestra respuesta es doble. Los aumentos de productividad no están bien medidos. Por ejemplo, si hay una sustitución de energía humana por energía de máquinas, ¿los precios de esta energía tienen en cuenta el agotamiento de recursos, las externalidades negativas? Seguramente no. Además, hay que separar la remuneración que uno recibe del hecho de estar empleado. Ya hoy muchos jóvenes y todos los pensionistas cobran sin estar asalariados. Hay que redefinir el significado de "empleo" (teniendo en cuenta los servicios domésticos no remunerados, y todo el sector del voluntariado) y hay que introducir o ampliar la cobertura de la Renta de Ciudadano […] Otra objeción. ¿Quién pagará la montaña de créditos, las hipotecas y la deuda pública, si la economía no crece? La respuesta debe ser: Nadie. No podemos forzar indefinidamente a la economía a crecer al ritmo del interés compuesto con que se acumulan las deudas. El sistema financiero debe tener reglas distintas de las actuales. No se puede poner como objetivo el hacer dinero para los accionistas y otros acreedores a través de un crecimiento que es ficticio.[425]

Hay mucho por imaginar entonces, pero no deja de ser cierto que es necesario ponerle un freno al crecimiento. Naciones en vías de desarrollo impulsadas por la idea de bienestar occidental aún planean seguir la senda occidental de desarrollo y continúan promoviendo la urbanización sin control y persiguen el sueño del consumo americano. China en específico ha hecho explícitas sus intenciones de alcanzar a los norteamericanos en niveles de consumo per cápita, actualmente la diferencia sigue siendo abismal, pero si China cumple con sus amenazas (y está en camino de hacerlo)[426] estaríamos hablando de miles de millones de chinos consumiendo como estadounidenses; el planeta simplemente no puede darse el lujo de contener cinco Estados Unidos más. Si no podemos decrecer de golpe conviene comenzar a cuestionar ciertos esquemas de desarrollo en países que como China aún tienen cierto margen de maniobra:

> Al mismo tiempo China está viendo cómo grandes fracciones de su población están aumentando su nivel de vida material, adoptando como propios los modelos desarrollistas

[425] Martínez Alier, Joan, Ibid., p. 56.
[426] Véase Randers, Jorgen, *2052: A Global Forecast for the next Forty Years*, Chelsea Green Publishing, Vermont, 2012, pp. 27-30.

> occidentales, basados en una fuerte demanda interna […] Un ejemplo muy claro se puede ver en el caso de los automóviles […] en los últimos años ha habido un aumento notable del parque automovilístico, que ha crecido, de 1978 a 2005 a un 12% anual, siendo la fracción de automóviles privados la que más ha crecido, a un 17,1% anual […] el ritmo alto y creciente […] hacen presagiar que en un futuro inmediato veremos cómo China, India y otras economías emergentes se llenan de automóviles y otros elementos que en el mundo occidental se consideran cotidianos e incluso de primera necesidad, pero que sólo ponen más presión sobre los recursos naturales.[427]

En algunos de los escenarios más alentadores propuestos por los reportes más recientes del club de Roma hablan de un colapso no tan catastrófico como el previsto de seguir por el camino del *business as usual*. Refieren que el colapso ya está sobre nosotros pero que podemos elegir entre un panorama de *overshoot and collapse* o uno de *overshoot and decline*, es decir, un tipo de colapso en el cual el declinar de la producción industrial por el agotamiento de recursos y la sobrepoblación (añadiendo el detalle del cambio climático) pueda ser administrado de la mejor manera, con el menor trauma civilizatorio posible. Tal vez la alternativa por el decrecimiento pueda ser de utilidad como paradigma de transición entre el esquema actual y lo que sea que está por venir, el ‹‹postulado de la libertad humana, de la construcción del curso de la historia a través de elecciones colectivas conscientes, está en la base de las visiones que consideran el decrecimiento como una oportunidad para ajustar ordenadamente las sociedades humanas a una escala sustentable››.[428]

3.6.3. Sobre la Economía Circular.

El concepto

En años recientes algunos organismos internacionales han comenzado a implementar en sus discursos y planes de política pública el concepto de Economía Circular, como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que ven en los postulados de la Economía Circular una manera de *continuar impulsando el crecimiento*

[427] Martín Ramos, Jesús, “Consumo de recursos naturales en China y su impacto en el debate sobre el decrecimiento”, en: *Ecología Política, No. 35, decrecimiento sostenible*, Icaria, 2008, p. 106.
[428] García, Ernest, “Los límites desbordados: sustentabilidad y decrecimiento”, Op. Cit., p. 16.

económico pero sin impactar al medio ambiente, muy en la tónica de los postulados del Desarrollo Sustentable. En China, país pionero en la implementación de este tipo de políticas, el concepto empezó a utilizarse como política de Estado en 2002 y en la Unión Europea empezó a discutirse hacia 2011 pero aplicado a políticas públicas sólo en fechas más recientes (con la aprobación por parte de la Comisión Europea en 2015 del *Circular Economy Action Plan*).[429]

Vemos que la relevancia del concepto en términos de política pública es bastante reciente, sin embargo el concepto como tal en círculos académicos puede rastrearse hasta finales de los años 70 del siglo pasado. Muchos de los autores consultados para este trabajo adjudican a un famoso ensayo de Kenneth E. Boulding escrito en 1966 la introducción de la idea de la Economía Circular[430], aunque muchos más atribuyen la versión acabada y el concepto como tal a un trabajo escrito en 1989 por David W. Pearce y R. Kerry Turner[431]; sin embargo, si nos ponemos estrictos la idea ya circulaba desde mucho antes y tiene precedentes académicos en estudios como los de la economía ambiental (Georgescu, Daly, Ring, Ayres).[432] Sin embargo, la popularidad del concepto sólo llega con fuerza en la segunda década del siglo XXI ligado a otros estudios como los de la *ecología industrial* y conceptos como el de *eco-eficiencia* que apuntan a planear la producción industrial de tal manera que crecimiento no sea sinónimo de destrucción ambiental. A manera de demostración de la reciente popularidad del concepto podemos retomar un estudio de 2018 que rastrea la utilización del concepto en publicaciones científicas de Scopus, graficando su utilización de 1970-2016 y demostrando su estallido sobre todo en la última década:

---

[429] "En diciembre de 2015, la Comisión adoptó un Plan de acción para la economía circular para dar un nuevo impulso al empleo, el crecimiento y la inversión y desarrollar una economía sin emisiones de carbono, eficiente en el uso de los recursos y competitiva." En: Comisión Europea, *Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: sobre la aplicación del Pan de acción para la economía circular*, Bruselas, 4.3.2019, p. 1. En línea en: https://eur-lex.europa.eu/homepage.html

[430] Cfr. Boulding, Kenneth E., "The Economics of the Coming Spaceship Earth", publicado en 1966.

[431] Cfr. Pearce, David W., R. Kerry Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Johns Hopkins University Press, 1989.

[432] "El concepto de Economía Circular ha ganado tracción desde finales de los 70 […] Algunos autores, como Andersen (2007), Ghisellini et al. (2016), y Su et al. (2013) atribuyen la introducción del concepto a Pearce y Turner (1989)." En: Geissdoerfer, Martin, Paulo Savaget, Nancy M. P. Bocken, Erik Jan Hultnik, "The Circular Economy – A new sustainability paradigm?", en: *Journal of Cleaner Production* 143 (2017), p. 759.

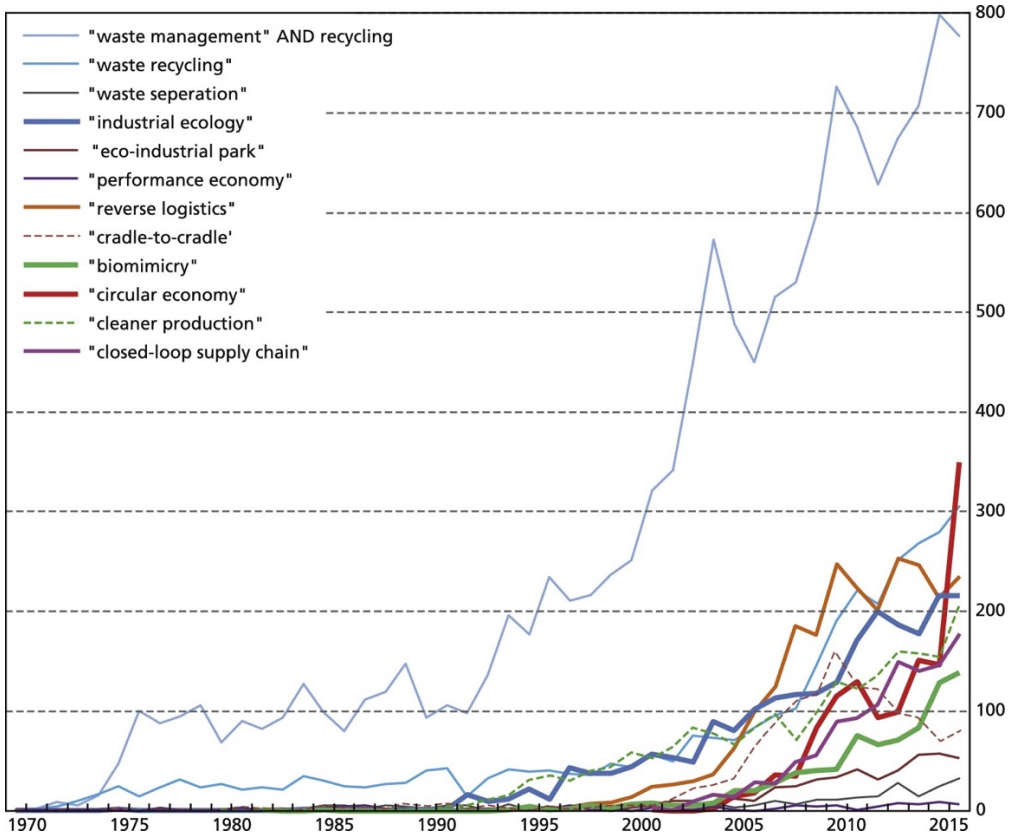

Fig. 15. Publicaciones científicas en Scopus sobre Economía Circular y conceptos relacionados, 1970-2016.[433]

Ya entrando en la definición del concepto vemos que no parece haber consenso en cuanto a muchos de los detalles que definirían a una Economía Circular, un estudio de 2017 se dio a la tarea de recopilar la definición del concepto tal como aparece en 114 publicaciones relacionadas y llegó a la conclusión de que en términos generales no existe una definición única y muchas se contradicen entre ellas. Entre las coincidencias lo que más destaca es que *la mayor parte de las definiciones anteponen el crecimiento económico a la protección del ambiente*, o ven en una "economía ambiental" nuevas oportunidades de negocio (tal como lo define, por ejemplo, la Comisión Europea).

> […] hemos reunido 114 definiciones de economía circular que fueron codificadas en 17 dimensiones. Nuestros descubrimientos indican que la economía circular es más

[433] Tomado de: Reike, Denise, Walter J. V. Vermeulen, Sjors Witjes, "The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? – Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options", *Resources, Conservation & Recycling* 135 (2018), pp. 246-264.

> frecuentemente retratada como una combinación de actividades de reducir, reutilizar y reciclar, mientras que frecuentemente no se resalta que la EC necesite de un cambio sistémico. Además encontramos que las definiciones muestran pocos vínculos explícitos entre el concepto de economía circular con el desarrollo sustentable. La principal meta de la economía circular se considera que es la prosperidad económica, seguida por la calidad ambiental; su impacto en la equidad social y las generaciones futuras es apenas mencionado.[434]

Pero a pesar de las discordancias a lo que todas las definiciones parecen apuntar es a la idea de "cerrar ciclos" de uso de materiales, de ahí la parte "circular" del concepto, es decir, la idea general sería la de una sistema donde los materiales ya utilizados en el proceso económico puedan ser reutilizados para impulsar nueva producción evitando así los límites naturales a la producción debido a, por ejemplo, materias primas escasas. Otro estudio de 2017 que también intenta lograr un consenso en cuanto a los detalles que definen a una economía circular la define como «*un sistema regenerativo en el cual el uso de recursos y el desecho, las emisiones, y la fuga de energía son minimizados al desacelerar, cerrar y estrechar ciclos de materiales y energía. Esto puede ser logrado a través de diseño duradero, mantenimiento, reparación, reutilización, remanufacturación, remodelación, y reciclaje*».[435] Dejando las pretensiones abarcantes de una definición de este estilo en donde la parte de protección ambiental juega un papel importante la realidad es que la gran mayoría de las definiciones no tienen en primer plano al ambiente (algunas ni siquiera lo mencionan ya que lo principal en una Economía Circular sería contar con recursos ilimitados para continuar el proceso productivo y no la reducción de contaminantes). En estudios de este estilo suele hacerse alusión a la idea de las 4 "r" (reciclar, reutilizar, reducir y remanufacturar), pero «los practicantes frecuentemente desechan la 'reducción' en sus definiciones de EC, aunque, seguramente se debe a que esto implicaría estrechar el consumo y el crecimiento económico».[436]

---

[434] Kirchhherr, Julian, Denise Reike, Marko Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions", *Resources, Conservation & Recycling* 127 (2017), p. 221.
[435] Geissdoerfer, Martin, Paulo Savaget, Nancy M. P. Bocken, Erik Jan Hultnik, "The Circular Economy – A new sustainability paradigm?", en: *Journal of Cleaner Production* 143 (2017), pp. 759.
[436] Kirchhherr, Julian, Denise Reike, Marko Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions", *Resources, Conservation & Recycling* 127 (2017), p. 229.

Retomando los casos de China[437] y la Unión Europea observamos que en su utilización práctica la definición tampoco cuenta con consenso, y aunque en los dos casos la parte ambiental sí parece ser parte central del discurso *en ninguno de los dos casos se cuestiona la estrategia de crecimiento económico constante*, únicamente se busca "desacoplar" el crecimiento del daño al medio ambiente:

> […] la perspectiva china sobre la EC [Economía Circular] es más amplia, incorpora contaminación y otros problemas al lado de preocupaciones de desechos y recursos, y está enmarcada como una respuesta a los desafíos ambientales creados por el crecimiento y la industrialización acelerada. En contraste, la concepción de Europa de la EC tiene un enfoque ambiental más reducido, enfocándose más específicamente en recursos y desechos y las oportunidades de negocios.[438]

A finales de 2019 la Unión Europea presentó un plan de acción que han denominado "The European Green Deal" (nombre que remonta al famoso *New Deal* de Roosevelt), en él se detalla que Europa espera volverse el primer continente climáticamente neutral para 2050, nuevamente refiriéndose a una *nueva estrategia industrial* y al plan de economía circular pero deja muchos detalles sin explicar prometiendo presentar programas más concretos durante 2020. Además se plantea la creación de la primera ley climática europea que a la manera del Protocolo de Kyoto buscará obligar legalmente a los países miembros de la Unión llegar al objetivo de neutralidad de carbono. Sin embargo, como hemos visto hasta ahora la eficiencia de los mecanismos legales ha resultado más que dudosa en términos generales, además salta a la vista que la Comisión Europea augura que se requerirá una "inversión significativa", lo cual significan mayores costos para el capital:

> Para lograr los actuales objetivos climáticos y energéticos para 2030 se estima que se requerirán €260 mil millones de inversión anual adicional, lo que representa cerca del 1.5% del PIB de 2018. Esta inversión requerirá la movilización de los sectores públicos y privados […] Al menos el 25% del presupuesto a largo plazo de la UE debería dedicarse a la acción

[437] Cfr. "The Circular Economy Promotion Law of the People's Republic of China", promulgada en 2008 y puesta en vigor en 2009.
[438] McDowall, Will, Yong Geng, Beijia Huang, Eva Barteková, Raimund Bleisschwitz, Serdar Türkeli, René Kemp, Teresa Doménech, "Circular Economy Policies in China and Europe", *Journal of Industrial Ecology*, Volume 21, Number 3, 2017, p. 651.

climática, y el Banco Europeo de Inversiones, el banco climático Europeo, proveerá más apoyo.[439]

Lo que queda claro al revisar este "Green Deal" es que su idea de "un nuevo modelo económico" es sólo eso, otro "modelo" de producción, no un nuevo *modo de producción* a la manera de Marx, las bases del funcionamiento capitalista quedan inquebrantables alterando la forma y no la sustancia, lo que se está proponiendo es una nueva "etapa de desarrollo" del capitalismo (tal como lo fue la era de las economías planificadas o el neoliberalismo), de ahí que no sorprendan las reminiscencias keynesianas de este New Deal del siglo XXI coloreado de verde. Es así que en este nuevo plan de acción de nuevo puede leerse que lo que le interesa a la Unión Europea es "desacoplar el crecimiento económico del uso de recursos al mismo tiempo que se asegura la competitividad a largo plazo de la UE sin dejar a nadie atrás"[440], y de nuevo vuelve a ponerse en el centro de la mesa la necesidad del crecimiento del Producto Interno Bruto y el fortalecimiento de la industria. Así, a pesar de una increíblemente larga declaración de intenciones nunca queda claro cómo pretende conseguirse esto más allá de mencionar ambiguamente la voluntad del gobierno y la inicitiva privada y referirse constantemente a las ya desgastadas definiciones del Desarrollo Sustentable, prometiendo constantemente "presentar planes de acción concretos".

Así pues, vemos que en gran parte de las investigaciones teóricas así como en la aplicación práctica «un tema central del concepto de EC es la valuación de materiales dentro de un sistema de ciclo cerrado con el objetivo de permitir el uso de recursos naturales mientras se reduce la contaminación o se evitan los límites al uso de recursos y se mantiene el crecimiento económico».[441] Si recordamos lo ya dicho en apartados anteriores vemos que de nuevo lo que aparece como alternativa al desarrollo capitalista "depredador" es más desarrollo capitalista pero ahora supuestamente libre de la parte nociva. En esta parte del trabajo es que podemos recordar las leyes del desarrollo del capitalismo y su vínculo inquebrantable con el crecimiento y la creciente utilización de recursos, por lo que quien haya

[439] European Commission – Press release, "The European Green Deal sets out how to make Europe the first climate-neutral continent by 2050, boosting the economy, improving people's health and quality of life, caring for nature, and leaving no one behind", Bruselas, 11 de diciembre de 2019.
[440] European Commission, *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*, Bruselas, 2020, p. 4.
[441] Winans, K., A. Kendall, H. Deng, "The history and current applications of the circular economy concept", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (2017), p. 825.

soportado el camino hasta esta parte de la investigación sabrá por adelantado algunas de las fallas que pueden encontrarse en un discurso de este tipo.

El efecto rebote de la Economía circular

Como ya analizamos en el apartado sobre la Paradoja de Jevons (o Efecto Rebote), lo habitual hablando en escalas de economía-mundo es que cada innovación tecnológica o mejora en eficiencia energética o de utilización de recursos vaya aparejada de un impulso mayor a la producción dadas las nuevas facilidades para que los capitales expandan sus actividades en búsqueda de mayores ganancias. Así pues, en esta misma tónica es que «los proponentes de la economía circular han tendido a ver al mundo únicamente como un sistema de ingeniería y han dejado de lado la parte económica de la *economía* circular […] las actividades de economía circular pueden incrementar la producción en general, lo cual puede parcialmente o totalmente destruir sus beneficios».[442] Y es que lo que en realidad busca la Economía Circular es precisamente esto, crear mejoras productivas mediante innovaciones tecnológicas y mejoras en eficiencia (en este caso llamada eco-eficiencia), lo cual inevitablemente ha llevado a mayor crecimiento de la producción.

Sólo por poner el ejemplo del recurso más reutilizado podemos hablar de que las tasas de reciclaje de acero en muchas industrias son de casi 90% (algo bastante extremo en comparación a otras materias primas), sin embargo esto de ninguna manera quiere decir que la industria del acero haya "cerrado el ciclo" y que ya no se extraiga más materia prima virgen,[443] por el contrario, las exigencias del crecimiento económico han hecho que la extracción del recurso se multiplique y que tanto el reciclaje como la extracción sean necesarias para mantener el ritmo productivo:

> La demanda global de producción de acero se cuadruplicó entre 1960 y 2010 y ha alcanzado 1500 millones de toneladas al año, equivalente a alrededor de 200 kg/año por cada persona

[442] Zink, Trevor, Roland Geyer, "Circular Economy Rebound", *Journal of Industrial Ecology*, Volume 21, Number 3, 2017, p. 593.

[443] "Sin embargo, debido a la larga vida de los productos de acero, la cantidad de acero en stock es un factor limitante en términos de lo que está disponible para reciclaje. Así pues, es necesario continuar con la producción primaria de acero para satisfacer la demanda de acero. Además, conforme se usa más chatarra, se debe poner atención en la adecuada clasificación de la chatarra para asegurar que los aceros graduados de alta calidad puedan conseguirse". En: Broadbent, Clare, "Steel's recyclability: demonstrating the benefits of recycling Steel to achieve a circular economy", The International Journal of Life Cycle Assessment, November 2016, Volume 21, Issue 11, pp. 1665.

> viva en el planeta […] a pesar de la alta tasa de recolección el acero reciclado contribuye sólo a alrededor de un tercio de la demanda actual debido a la tasa de crecimiento de la demanda, y se espera que esto crezca a alrededor de 50% para 2050. [444]

Lo que la historia parece indicar hasta el momento es que desacoplar el crecimiento económico de la utilización de recursos y su concomitante impacto ambiental a grandes escalas es un tanto imposible y parece que sólo se registra de manera significativa para casos pequeños de industrias muy particulares o de contaminantes muy específicos (como el dióxido de azufre (SO_2) en Japón y Estados Unidos) pero no para la economía en su conjunto. Volviendo al ejemplo de China que al momento es el país más involucrado en las políticas de la Economía Circular y el que paradójicamente parece tener la legislación ambiental más avanzada (a pesar de algunas notables omisiones), observamos que a pesar de las mejoras en "eco-eficiencia" el uso total de recursos no ha disminuido en lo absoluto y el impacto ambiental continúa rampante:

> Este artículo reporta las tendencias de eco-eficiencia de China y la causa de su comportamiento dinámico durante el periodo 1978-2010. Mostramos tres resultados principales. Primero, en general, los indicadores de ecoeficiencia se incrementaron para utilización de recursos, consumo de energía y emisiones para aire y agua, y un desacoplamiento relativo ocurrió en China a un alto nivel en el contexto global. Segundo, desacoplamiento del crecimiento económico ha sido absoluto para la descarga de hollín, demanda química de oxígeno (DQO) y nitrógeno amoniacal. Tercero, durante los años 2001-2010 el nivel de desacoplamiento fue muy bajo y la utilización de recursos estuvo casi acoplada con el PIB debido al alto consumo y el dramático incremento de la extracción de minerales.[445]

Además, las cadenas productivas de la economía circular a nivel global pueden generar resultados negativos a pesar de que en los lugares de origen de la producción parezca que la reutilización de recursos es sustentable. Vivimos en una economía-mundo donde como hemos visto la miseria suele exportarse de los países ricos a los países pobres, por lo que

[444] Allwood, Julian M., "Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies", en: *Handbook of Recycling*, Elsevier, 2014, p. 466.
[445] Yu, Yadong, Dingjiang Chen, Bing Zhu, Shanying Hu, "Eco-efficiency trends in China, 1978-2010: Decoupling environmental pressure from economic growth", en: *Ecological Indicators*, Volume 24, January 2013, p. 177.

aunque en un lado de la cadena todo parezca paradisiaco en algún otro lado de la cadena de suministro o consumo la extracción o desecho de materiales puede estar destrozando los supuestos beneficios de una economía "eco-eficiente":

> La mayoría de las industrias actualmente producen productos con ciclos de vida y mercados internacionales e inter-regionales. Los problemas ambientales y sociales más grandes tienden a afectar a los países pobres en desarrollo de peor manera […] Se ha demostrado que muy altas eco-eficiencias han sido alcanzadas en industrias locales basadas en biomasa mientras que las exportaciones de esta industria han creado difíciles problemas a las fases de manejo final del ciclo de vida del producto […] o que las importaciones de esta industria han violado la biodiversidad de los ecosistemas en el país de origen […] En una red de reciclaje local que fue muy exitosa en el manejo de desechos y utilización de subproductos, los mayores impactos ambientales ocurrieron fuera del parque industrial local en su cadena de suministros. [446]

En síntesis, la eco-eficiencia no parece escapar a las garras de la Paradoja de Jevons y la Economía Circular parece que ha fungido como una herramienta más en la búsqueda incrementada de ganancias. En una definición de Economía Circular donde lo que se busque sea que la producción primaria sea desplazada por la producción secundaria que utilice materiales dentro de un ciclo cerrado tendría que por fuerza darse poca importancia a la ganancia y al crecimiento en general para evitar las crecientes tasas de extracción de materiales y producción de contaminantes, algo totalmente incompatible con la lógica del desarrollo capitalista. Además, como veremos, existen impedimentos fuertes para alcanzar una decente tasa de circularidad en la economía dadas las características físicas de muchos de los materiales estratégicos involucrados en la industria moderna.

La imposibilidad física de la total circularidad

Tanto a nivel teórico como a nivel de investigación científica de los procesos que puedan acercarnos a una Economía Circular parece que aún estamos en la infancia y la aplicación en el mundo real nos pone todavía muy lejos de alcanzar la circularidad.[447] Y más allá de las

[446] Korhonen, Jouni, Antero Honkasalo, Jyri Seppälä, "Circular Economy: The Concept and its Limitations", *Ecological Economics* 143 (2018), p. 42.

[447] "No obstante, de media, los materiales reciclados cubren menos del 12 % de la demanda de materiales de la UE. Un informe reciente lo reitera, sugiriendo que la plena circularidad se aplica tan

pretensiones de muchos proponentes de la Economía Circular en la que vivamos en un mundo de práctica nula entropía la realidad económica y material pone en jaque esta utópica visión, basta con mencionar que toda la energía utilizada tendría que ser renovable, actualmente la energía fósil es consumida y no tiene manera de ser reutilizada, además de que el desecho generado en su consumo en su mayoría tampoco puede ser reutilizado y es bastante dañino para el sistema terrestre, como vimos en el capítulo anterior.

De esta manera, «el concepto de EC sugiere que los materiales pueden ser diseñados para ser circulados a través de los sistemas industriales como si estuvieran en sistemas naturales […] Sin embargo, esta idea es impráctica cuando hay limitaciones tecnológicas y de ingeniería para manufacturar productos que sean similares a la estructura o función de sus materiales originales (crudos)».[448] Y es que hasta el momento la parte nodal de la Economía Circular parece ser la del reciclaje, que es la que permitiría que los materiales ya extraídos o producidos se mantengan circulando dentro del proceso productivo sin necesidad de recurrir a *producción primaria*, empero el reciclaje no es una solución universal para todos los materiales requeridos por la industria moderna, habría que recordar que dentro de la economía ambiental también existen conceptos como el de "infra-reciclaje" (*downcycling*)[449] que se refiere a cuando el material reciclado es de calidad más baja que la del material original por lo que no puede ser reutilizado en el mismo tipo de productos al estar contaminado por otros materiales que son difíciles de extraer:

> Sin embargo, reciclar no es una panacea universal: […] Para algunos materiales, notablemente el cemento […] no hay una ruta de reciclaje por la cual el material pueda regresar a su estructura y calidad original […] Para algunos materiales el reciclaje generalmente involucra una pérdida de calidad [metales, papeles y plástico] […] como resultado, en muchos casos el material reciclado debe ser mezclado con material virgen para producir productos aceptables […] Para muchos metales indispensables que son utilizados

---

solo al 9 % de la economía mundial, con lo que seguiría quedando un enorme margen de mejora." En: Comisión Europea, *Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: sobre la aplicación del Pan de acción para la economía circular*, Bruselas, 4.3.2019, p. 1. En línea en: https://eur-lex.europa.eu/homepage.html

[448] Winans, K., A. Kendall, H. Deng, "The history and current applications of the circular economy concept", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (2017), p. 829.

[449] Cfr. Geyer, Roland, Brandon Kuczenski, Trevor Zink, Ashley Henderson, "Common Misconceptions about Recycling", *Journal of Industrial Ecology*, Volume 20, Issue 5, 2016, pp. 1010-1017.

> en compuestos […] la energía requerida para separarlos como parte del proceso de reciclaje puede ser significativamente más grande que la energía necesaria para la producción virgen […] Para algunos materiales, notablemente el vidrio, la energía requerida para reciclar es similar a la requerida para la producción virgen […] Para otros materiales, como el papel, los beneficios en emisiones del reciclaje pueden ser menores que el ahorro de energía.[450]

Así pues, *el reciclaje es en sí mismo una actividad industrial* y como tal no escapa a la lógica del capitalismo y del impacto ambiental por más que la palabra goce de un aura de pureza en los discursos de política pública, se recicla para impulsar nueva producción y el proceso de reciclaje tiene costos de producción importantes que siguen haciendo atractiva la producción primaria. En múltiples procesos de relevancia como por ejemplo el del reciclaje de aluminio los costos energéticos de purificación de los distintos tipos de aleaciones suelen ser mayores a los de simplemente extraer aluminio de minas a la vieja usanza, y cuando hablamos de la industria de electrónicos las tasas de recuperación de minerales suelen estar por los suelos dada la dificultad y los altos costos para extraer varios de los metales preciosos y de las tierras raras que conviven en estos productos tecnológicamente cada vez más complejos. Por ejemplo para la industria de vehículos eléctricos «los métodos de reciclaje actuales que usan trituradoras de carros y subsecuentes tecnologías post-trituración muestran altas tasas de reciclaje para metales en grandes volúmenes pero aún están asociados a altas pérdidas de metales preciosos y estratégicos como oro, plata, platino, paladio y tantalio».[451] Es así que desde el punto de vista de la utilización de energía el reciclaje también tiene sus bemoles, una Economía Circular completamente cerrada bajo los procesos industriales y tecnológicos actuales podría acabar operando con necesidades energéticas mayores a las de una economía de ciclo abierto y en el trayecto terminar por contaminar aún más de lo que supuestamente intenta evitar.

> ¿Cuánta energía se necesita para operar una economía circular? Casi todos los procesos de reciclaje operan al deshacer un flujo sólido de desecho volviéndolo líquido, lo cual es después purificado por algún medio. Con las tecnologías actuales, algunos desechos no pueden ser deshechos y algunos líquidos no pueden ser purificados, pero en principio no

[450] Allwood, Julian M., "Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies", en: *Handbook of Recycling*, Elsevier, 2014, p. 464.
[451] Bulach, Winfried, "Electric vehicle recycling 2020: Key component power electronics", *Waste Management & Research*, 2018, p. 1.

> hay ningún vínculo atómico que no podría en un futuro ser separado bajo control humano y con suficiente energía. Sin embargo, la energía requerida para lograr esto puede ser mucho más grande que la requerida para liberar un flujo equivalente de átomos de otras fuentes (por ejemplo minerales o incluso desechos de la minería), y el proceso de hacerlo así podría llevar a otras consecuencias medioambientales dañinas como la emisión de toxinas o gases de efecto invernadero. [452]

Y ni hablar de los desechos prácticamente imposibles de reciclar como muchos tipos de plásticos. Mucho se ha dicho sobre la posibilidad de reciclar plástico y sobre todo en redes sociales y medios noticiosos el reciclaje «es tratado como una solución al desecho plástico, pero en la realidad un escaso 9 porciento del plástico que el mundo ha producido desde 1950 ha sido reciclado».[453] La inmensa carga en costos económicos, ambientales y sociales que supone el desecho plástico ha hecho que un país como China que en un inicio veía al reciclaje de plástico como una oportunidad de negocios, volviéndose en los hechos el tiradero de basura plástica del mundo desarrollado, haya decidido en 2018 prohibir la importación de basura plástica:

> Cuando China tomó acción para proteger sus fronteras de la contaminación por plástico del extranjero al efectivamente cerrar sus puertas a las importaciones de desechos de plástico a principios de 2018, dejó a la industria del reciclaje de plástico en caos […] La contaminación por plástico –y los costos ambientales y los problemas de salud que causa- fueron llevados a otras costas, provocando estrés en la infraestructura y amplificando los problemas de la contaminación por plástico en países de menor ingreso inundados por la basura de naciones ricas.[454]

El mundo se inunda en basura y la capacidad de la industria moderna por volverse completamente circular (o al menos en un porcentaje relevante) parece ser un sueño más que es totalmente incompatible dentro de un sistema económico enfocado en el crecimiento y la búsqueda de ganancia.

---

[452] Allwood, Julian M., "Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies", en: *Handbook of Recycling*, Elsevier, 2014, p. 446.
[453] GAIA, *Discarded: communities on the frontlines of the global plastic crisis*, Global Alliance for Incinerator Alternatives, April 2019, p. 4.
[454] GAIA, *Discarded: communities on the frontlines of the global plastic crisis*, Global Alliance for Incinerator Alternatives, April 2019, p. 2.

3.7. Conclusiones.

Luego de llevar los datos duros de la destrucción ambiental a la esfera de los datos duros del funcionamiento de la economía no debería quedar duda de que la economía capitalista no ha funcionado nunca de manera "verde" y está imposibilitada estructuralmente para hacerlo, datos de siglos lo demuestran, una sociedad que basa la reproducción de sus necesidades bajo un mecanismo de búsqueda de ganancia abstracta no puede tomar en cuenta las necesidades de reproducción del mundo natural. El sistema funciona sólo sobre la base del crecimiento constante y todos los indicadores de bienestar que suelen aplicársele llevan implícita la necesidad de producción creciente y acelerada: a mayor innovación mayor producción, a mayor eficiencia mayor producción, a mayor competencia mayor producción, el "desarrollo" económico de las naciones depende de producción creciente, el combate a la pobreza depende de incrementar la producción, la reducción del desempleo depende de elevar la producción y el consumo, si queremos "elevar" el "nivel de vida" necesitamos mayor producción… No hay manera de escapar de este ciclo dentro de una forma de pensar capitalista que hace que toda forma "verde" de pensar se transforme en un mecanismo nuevo de búsqueda de ganancias, así las tecnologías "verdes" no son sino nuevos nichos de mercado que impulsan la actividad económica depredando el medio natural de nuevas formas y las políticas "verdes" no han sido sino declaraciones de intenciones que intentan compatibilizar inútilmente sustentabilidad con desarrollo.

A pesar de la evidencia aquí presentada tanto de la destrucción del mundo natural (capítulo 2) como del comportamiento secular de la economía (capítulo 3) aún continúan existiendo ruidosas voces de las que se suele hacer eco el pensamiento económico convencional, como la del psicólogo Steven Pinker, que insisten en que la Humanidad ha seguido una curva de progreso "ilustrado" en la que aprende de sus errores y siempre encuentra mejores soluciones para los problemas económicos y sociales con los que va topándose. En su más reciente libro (del cual Bill Gates ha dicho que es su nuevo libro favorito) titulado *En defensa de la Ilustración*, Pinker usa algunos datos para demostrar que en general estamos mejor en todos los frentes (algo bastante cuestionable dada la forma en que lo aborda, pero eso será tema de otra investigación). Entre una retórica de progreso indetenible que en varios frentes es incuestionable (al menos como promedio mundial) como el del aumento de la calidad de vida se esconde una aplanadora de creencia en que todos los

frentes del mundo moderno siguen la senda de la mejora inevitable e incluso los que parecen estar muy mal en realidad van mejorando mano a mano con el crecimiento económico; éste supuestamente sería el caso también para la problemática medioambiental:

> A medida que aumentan la riqueza y el desarrollo tecnológico, el mundo se desmaterializa, se descarboniza y se densifica, dejando tierras disponibles y salvando especies. Conforme crecen la riqueza y la educación de las personas, estas se preocupan más por el medio ambiente, descubren formas de protegerlo y están más dispuestas a pagar los costes. Muchas partes del medio ambiente se están recuperando, lo cual nos anima a afrontar los problemas ciertamente graves que aún persisten.[455]

Pinker no cree en el agotamiento de recursos porque supuestamente siempre hemos encontrado la manera de encontrar sustitutos y de eficientar el uso de los que ya existen a través del progreso tecnológico (claramente nunca ha escuchado hablar de Jevons). La receta de Pinker para evitar la catástrofe ambiental es una de "avances no sólo en tecnología, sino también en valores" y asegura sin pelos en la lengua que «conforme el mundo ha ido haciéndose cada vez más rico y ha llegado al punto más alto de la curva medioambiental, la naturaleza ha comenzado a recuperarse»,[456] y pretende demostrar esto con algunas pocas cifras a modo como el hecho de que Estados Unidos ha bajado emisiones de "cinco contaminantes atmosféricos", como el "retraso" en el proceso de deforestación, como el hecho de que "cuanto más rico es el país más limpio es su medio ambiente", como el hecho de que han "disminuido" los derrames petroleros, como el hecho de que grandes extensiones de tierra y océano se han declarado como áreas naturales protegidas, como el supuesto hecho "según un ecologista" de que "la tasa global de extinciones se ha reducido un 75%", como el hecho de que se "espera" que se recupere la capa de ozono o el hecho de que en Londres ya no existe la neblina de humo que existía en el siglo XIX. Como vemos todas estas cifras a modo no son algo que afecte al funcionamiento del capitalismo o detenga la catástrofe ecológica, de entrada la idea que la tasa global de extinciones se ha reducido es una patraña (como vimos en el capítulo pasado) e indicadores como los de las áreas naturales protegidas son letra muerta, basta con recordar que México es primer lugar mundial en superficie de

[455] Pinker, Steven, *En defensa de la Ilustración. Por la razón, la ciencia, el humanismo y el progreso*, Paidós, México, 2019, p. 199.
[456] Ibid., p. 170.

áreas marinas protegidas y tiene un alto puesto en las terrestres que suelen estar paradójicamente en territorio también concesionado a mineras.

A pesar de todos estos "logros" del *capitalismo verde* Pinker no puede más que reconocer que tenemos un problema serio con las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual debemos afrontar a través de lo que él llama "ecomodernismo", que es básicamente todo lo contrario a la idea de decrecimiento ya que en el modelo de Pinker todo progreso va necesariamente asociado a crecimiento económico, el cual sin embargo debemos combinar con progreso tecnológico que desacople crecimiento de uso de recursos y políticas públicas que según él también van viento en popa por el mero hecho de que 195 países firmaron el Acuerdo de París. Parte de la receta de la salvación incluye también la proliferación de la energía nuclear y potencialmente la aplicación de la ingeniería climática, lo cual no deja de presentar sus problemas. Lamentablemente la visión de Pinker es la visión de la élite, una que reconoce el problema ambiental pero que cree que la solución es impulsar más el crecimiento apostando a la visión salvadora de la tecnología y las políticas verdes, justo los dos puntos que nos hemos dedicado a cuestionar en esta investigación.

Además, aunque la Humanidad a decir de muchos goza en la actualidad de la mayor prosperidad en su historia ahora nos enfrentamos a la inédita problemática de que «los impactos del cambio climático, la variabilidad y los acontecimientos extremos pueden frenar o revertir los avances sociales y económicos en países en desarrollo».[457] Pero quién sabe, tal vez Pinker y sus pupilos tengan razón y podamos apostar todo al desarrollo de cosas como la geoingeniería, los reactores de fusión nuclear (que hasta el momento son una fantasía) o las industrias en órbita que exploten recursos de asteroides y mantengan la contaminación fuera del planeta, pero nada en el funcionamiento del capitalismo que hemos explicado hasta ahora nos permite pensar que incluso si la magia existiera las cosas serían diferentes. Concluyo este capítulo esperando que la historia le dé la razón a Pinker y sus secuaces y que los "ecopesimistas" seamos recordados sólo como una curiosidad académica del siglo XXI.

[457] USGCRP, 2018: *Impactos, Riesgos, y Adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II: Informe Resumido* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, B.C. Stewart, and A. Lustig (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, p. 107.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

> Giorgio Agamben dijo en una entrevista que «el pensamiento es el coraje de la desesperanza», una idea que resulta especialmente pertinente en nuestro momento histórico, cuando incluso los diagnósticos más pesimistas suelen terminar, por regla general, con algún atisbo alentador de alguna versión de la proverbial luz al final del túnel. El auténtico coraje no consiste en imaginar una alternativa, sino en aceptar el hecho de que no existe ninguna alternativa claramente discernible: el sueño de una alternativa es señal de cobardía teórica, y funciona como un fetiche que nos impide analizar detenidamente hasta el final el punto muerto en que nos encontramos. En resumen, el auténtico coraje consiste en admitir que la luz que hay al final del túnel probablemente es el faro de otro tren que se acerca en dirección contraria.
>
> -Slavok Žižek, *El coraje de la desesperanza*.[458]

Como lo demandan las conclusiones generales a cualquier obra recapitularé varios de los puntos principales del trabajo así como los principales hallazgos, que aunque ya han quedado de alguna manera esbozados en las conclusiones particulares de cada capítulo nunca está de más con el afán de dejar clara una idea hacer una recapitulación final para ayudar en la comprensión de la idea general de la obra, así como en una eventual relectura de la misma.

En primer lugar, el propósito de incluir el apartado teórico que retoma las ideas que he trabajado en el volumen previo es con la intención de establecer la mirada crítica desde la que me posiciono y que ha guiado cada uno de los puntos que he trabajado en los dos capítulos posteriores. Ver las tendencias de la economía capitalista a manera de leyes, tal como lo hace Marx, me permitió buscar en el escenario de destrucción ecológica que vivimos las marcas de origen de la manera en que históricamente ha funcionado el capitalismo. La idea era demostrar que la devastación ambiental cuadra perfectamente con la teoría descrita por Marx sobre el acelerado crecimiento del modo de producción capitalista, basado en la acumulación impulsada por la búsqueda constante de ganancia. La idea, asimismo, era sentar las bases de la explicación de por qué al capitalismo no le queda más remedio que crecer constantemente si no quiere verse asfixiado, priorizando así la búsqueda de ganancia por

[458] Žižek, Slavoj, *El coraje de la desesperanza. Crónicas del año en que actuamos peligrosamente*, Anagrama, Barcelona, 2018.

sobre las condiciones de vida del ser humano y de la naturaleza.[459] La segunda parte de este primer capítulo que incorpora las ideas de Immanuel Wallerstein también me sirvió para decidirme a estudiar en específico los límites biofísicos del capital, ya que antes de realizar una investigación profunda de toda la obra de Wallerstein mi idea inicial era sencillamente intentar encontrar elementos meramente económicos que pudieran frenar el desenvolvimiento del capital (casi exclusivamente relacionados a la caída tendencial de la tasa de ganancia), pero al dividir muy esquemáticamente los posibles límites del capitalismo en siete categorías me permití ser más específico en mis pesquisas, decidiendo para este proyecto de doctorado centrarme en los elementos que componen los límites que he denominado "biofísicos", que en su mayoría parten de las tesis del límite ecológico pero que incluyen buena parte de los geográficos y demográficos (todos enmarcados por buena parte de las tesis incluidas en el límite económico).

Así, en un segundo capítulo, a manera de comprobación empírica de que la industria es llevada por leyes históricamente específicas que hasta el momento han demostrado su inevitabilidad práctica es que nos adentramos en un segundo capítulo donde presento datos de la destrucción medioambiental mundializada que va de la mano con el crecimiento acelerado de la economía mundial. La idea de presentar a manera de introducción al capítulo la discusión sobre el Antropoceno fue con la intención de establecer que pretendo demostrar que el estado de descomposición de la naturaleza que presenciamos en la actualidad es producto de la actividad humana, pero no de cualquier actividad humana, sino una específicamente capitalista que no puede comportarse de otra manera mientras esté atada por las leyes que le son propias. De ahí que en cada apartado sobre cada componente del sistema terrestre se busque no sólo presentar los datos de la destrucción, sino que se intente vincularla de manera directa con la actividad productiva humana específicamente capitalista (como en el caso obvio de las emisiones de dióxido de carbono) a nivel de industria mundializada.

Por último, en un tercer capítulo se enlazan las discusiones de los dos capítulos previos, ahondando en la investigación empírica del funcionamiento de las leyes de desarrollo del capitalismo, ahora centrándome específicamente en el aspecto económico y

[459] "La producción capitalista […] no desarrolla la técnica y la combinación del proceso social de producción sino socavando, al mismo tiempo, los dos manantiales de toda riqueza: *la tierra y el trabajador*". Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, pp. 612-613.

cómo éste se ve influenciado por la destrucción del ambiente. La idea es buscar respuestas a la pregunta de hasta dónde puede el capitalismo atentar contra las bases materiales de su supervivencia y si puede de alguna manera funcionar sin depredar al mundo natural. Así, en este capítulo se ahonda en la comprobación empírica de que las leyes del desarrollo del capitalismo descritas por Marx continúan vigentes, por ejemplo en el apartado dedicado al análisis de la Paradoja de Jevons enlazamos de manera directa con la Ley de la Tendencia Descendente de la Tasa de Ganancia, ya que lo que distingue a esta Paradoja es que en la búsqueda de eficientar la utilización de recursos (lo que supuestamente reduciría el impacto ambiental) lo único que se logra es que al reducir el costo por unidad producida el ansia capitalista de ganancia, acicateada por la competencia, incremente la producción total para compensar con volumen la caída en la ganancia por mercancía individual; exactamente igual a como lo describe la Ley de la Tendencia Descendente de la Tasa de Ganancia pero ahora llevándolo al terreno del consumo de recursos y su impacto ambiental. De esta manera, lo que demuestro en este capítulo es que muy a pesar de la buena voluntad de los líderes mundiales y de los movimientos ambientalistas todas las opciones generadas para supuestamente paliar los efectos nocivos del capitalismo, llevándonos a un capitalismo verde, no han hecho más que insertarse dentro de la dinámica de producción del capital en su búsqueda constante de ganancias empeorando aún más el panorama (como en el caso del Desarrollo Sustentable y la Economía Circular).

Lo que observamos es que las alternativas que parecen ser más "viables" son en realidad impracticables dentro de un esquema de producción como el capitalista ya que o generan más producción o atentan de manera directa contra la producción de ganancia, algo que puede verse a cabalidad dentro del discurso del decrecimiento que no da razón de cómo hacer que un mundo cuyo "bienestar" depende del crecimiento (que genera empleos y amplios márgenes de ganancias para continuar con la expansión capitalista por el orbe) no caiga en pedazos al abandonar la búsqueda de ganancias. La alternativa "real" estaría en un modo de producción que se preocupe por la vida y no por la ganancia, en una redistribución de recursos de acuerdo a la capacidad y a la necesidad (como diría Marx) no de acuerdo a los principios de la acumulación desenfrenada… pero aquí ya estaríamos hablando de un "fantasma" que pocos quieren que recorra el mundo y que no se ve por dónde pueda materializarse. Siendo así, cierro esta obra con una reflexión al respecto que también sirve

como posicionamiento último respecto al destino del capitalismo y el papel que podría jugar un "sujeto revolucionario" en este desolador esquema, un posicionamiento que seguro no agradara a muchos marxistas de la vieja guardia ni a la mayor parte de los teóricos de las ciencias sociales que tienen entronizado al sujeto como agente de cambio.

A lo largo de toda la turbulenta historia del marxismo podemos ubicar dos grandes corrientes, aquéllas que Ernst Bloch en su ya clásico libro, *El Principio Esperanza*, catalogara como las corrientes "cálida" y "fría". La primera de ellas, la cálida, es la del pensamiento utópico, la de la esperanza en que hay luz al final del túnel, mientras que la corriente fría es la del pensamiento racional y objetivo en donde descansa el dato duro y la "ciencia de las condiciones". Estas dos corrientes parecen dominar el panorama intelectual alternándose periódicamente dependiendo del ánimo de la época, sin embargo, según Bloch, en la buena teoría marxista debe abrevarse de las dos corrientes, ya que «sólo el frío y el calor juntos de la anticipación concreta hacen que ni el camino en sí ni el objetivo en sí se mantengan separados adialécticamente y se cosifiquen y aíslen».[460]

El problema con esta conceptualización de Bloch es que sólo el marxismo cálido y esperanzador es el que podemos catalogar como *filosofía del futuro* mientras que el marxismo frío se queda anclado en el presente de las condiciones objetivas.[461] Tomando en cuenta el desencanto de los tiempos que corren tal vez deberíamos añadir una tercera corriente, una que deriva del marxismo más frío hasta tornarse casi glacial, en la que partiendo del análisis de las tendencias y leyes del sistema capitalista en la larga duración pronosticamos que el escenario más probable no es el de la Utopía sino el de la Distopía, el del peor de los futuros posibles. A este marxismo glacial podríamos denominarlo con el sencillo nombre de *marxismo distópico*.

En particular, la gravedad de la crisis ecológica que enfrentamos a inicios del siglo XXI que no tiene visos de amainar permite pensar de manera bastante clara y ya no tan descabellada que el capitalismo puede acabar, pero no debido a la actividad revolucionaria sino debido al fin abrupto de la vida civilizada como la conocemos a causa de un colapso ecológico que impida al capitalismo continuar con el ritmo de acumulación al que ha estado

[460] Bloch, Ernst, *El principio esperanza, vol. I*, Editorial Trotta, Madrid, 2007, pp. 251-252.
[461] "Materialismo hacia delante o teoría cálida del marxismo es por eso teoría-praxis de un «alcanzar el hogar», o bien salir de una objetivación inadecuada; de esta manera el mundo evoluciona a un ya-no-más-alienación de sus sujetos-objetos, es decir, a la libertad". Ibid., p. 253.

acostumbrado durante al menos dos siglos. La pregunta, entonces, es si la voluntad del marxismo cálido y su filosofía del futuro da suficientes herramientas para pensar en una manera de evitar este escenario de colapso, o si por el contrario, el marxismo distópico anclado en el marxismo frío tiene argumentos aún más convincentes para demostrar que estamos al borde del abismo y que dadas las condiciones y leyes de la acumulación histórica de capital que conocemos no hay manera de que un sujeto revolucionario contemporáneo pueda hacer algo a tiempo para cambiar el estado de cosas…

En este sentido, en el volumen 1 de esta investigación (parte del cual recapitulamos en el primer capítulo de este volumen 2) ubicamos siete límites posibles al desarrollo del capitalismo (económico, demográfico, geográfico, ecológico, político, social y civilizatorio), pero de esos siete límites sólo retomamos los de las "condiciones objetivas" (teniendo como eje la parte ecológica) y decidimos por el momento dejar fuera el análisis de los dos límites que de manera más directa atañen a las "condiciones subjetivas": el político y el social. Durante la redacción de este trabajo y habiendo conscientemente tomado la decisión de dejar fuera la parte del sujeto revolucionario (o del sujeto a secas) me encontré con muchos colegas y lectores cuya principal crítica al trabajo era precisamente la falta de análisis de las condiciones subjetivas. La preocupación parecía ser que ahogados en un mar de datos sobre la catástrofe ambiental y su origen económico no encontraban el elemento de esperanza del que habla Bloch y al que aspira el marxismo cálido… en mi narrativa parece no haber resistencia a la marea capitalista que nos deja ahogados en un mar de inevitabilidad histórica.

Así, luego de un par de años de consultar con la almohada y sobrevivir a crisis existenciales por el contenido catastrofista de todo lo que leí para acabar esta investigación empecé a cuestionarme cada vez más sobre la relevancia del sujeto histórico dentro del capitalismo y sobre la pertinencia de incluirlo o no en la tesis aunque ello redundara en una investigación más extensa. Y aunque si bien en un inicio la ausencia del sujeto (límites político y social) en mi investigación la acordé con mi director de tesis atendiendo a motivos de espacio, para mi mala suerte terminé convenciéndome de que al menos *en lo tocante al asunto ambiental a escala de economía-mundo el sujeto revolucionario es y ha sido irrelevante y nada en mi investigación apunta a que alguna vez vaya a ganar agencia en términos de sistema-mundo.* Esta terrible certeza terminó por convencerme de relegar, al menos por el momento, la inmersión en la esfera de la esperanza y la tesis terminó por ser lo

que aquí presento: un relato catastrofista de frío y duro marxismo distópico anclado en las así llamadas condiciones objetivas.

Si me atrevo a afirmar que hasta el momento el sujeto revolucionario no ha jugado un rol en alterar la dinámica de expansión del sistema capitalista es porque no hay evidencia que apunte a lo contrario, *aclarando enfáticamente que me refiero específicamente a la esfera ambiental y a la escala de sistema-mundo*, de otras esferas y otras escalas podremos hablar en otro momento. Empezando por la revolución rusa vemos que no hizo sino potenciar la expansión capitalista por el orbe proletarizando en cosa de unas décadas a cientos de millones de manera forzada y desarrollando la industria a marchas forzadas en toda Asia, de la revolución china mejor ni hablamos y de los casos siempre citados de Ecuador, Bolivia y Venezuela observamos que el medio ambiente es más una moneda de cambio en el mercado mundial que un motivo de lucha anticapitalista por más *pachamamista* que sea el discurso oficial. Así, todos los movimientos de largo calado terminan por incorporarse a la normalidad de la dinámica de la economía-mundo o terminan por perder fuerza o ser silenciados, y si bien en la actualidad existe una cantidad de luchas ambientalistas inmensa, como nunca antes en la historia humana, la depredación ambiental no ha parado de crecer de manera exponencial tal como hemos demostrado a lo largo de estas páginas. Se presumen logros aislados como la cancelación de tal o cual proyecto de infraestructura o la salvaguarda de tal o cual especie en peligro de extinción o la erradicación de emisiones de tal o cual químico contaminante, se mediatizan en el mercado de la esperanza poniéndolos como bandera de la posibilidad de un mundo mejor pero en los hechos todos ellos son nichos de los que el capitalismo mundializado puede prescindir expandiéndose sobre otros horizontes.

Incluso, como hemos visto, la creencia en que nuevas tecnologías y nuevos procesos productivos pueden aminorar la marcha del dios de la destrucción no tiene correspondencia con la realidad (de nuevo aclarando que hablamos del tema ambiental a escala de economía-mundo). A través del análisis de fenómenos como el de la Paradoja de Jevons (o Efecto Rebote) y mediciones como la de la Tasa de Retorno Energético, pudimos confirmar que toda producción dentro del capitalismo es producción en búsqueda de valorizarse como ganancia y por lo tanto en constante expansión, así, todas las tecnologías "verdes" y los nuevos procesos productivos que supuestamente buscan eficientar el consumo de materiales terminan por entrar en la dinámica de la valorización capitalista que los empuja a la

producción desenfrenada. Cada nuevo ahorro en costos sirve de pretexto para impulsar la capacidad productiva consumiendo en el proceso más y más recursos; *este estado de cosas se confirma como tendencia histórica para la economía mundial en la larga duración* y no hay nada en los pronósticos que apunte a un cambio (con excepción de la posibilidad de que el colapso ambiental le ponga fin).

Así pues, el tiempo del marxismo utópico, a mi parecer, ha pasado y en la actualidad quienes aún abrevan de esa fuente parecen inmersos en fenómenos sin impacto en la estructura de la economía-mundo (como análisis literarios o estudios culturales) y piensan la utopía casi en términos de lo que Friedrich Engels denominara *Socialismo Utópico*, es decir, un socialismo del corazón que carece por completo de bases científicas. A lo que apunta (o apuntaba) mi trabajo era a enmarcarse como un estudio que abonara a la *búsqueda* de un *Socialismo Científico* a través del análisis de las condiciones reales del sistema capitalista y de las posibilidades de su subversión, muy a la manera en la que Karl Marx se acercara al fenómeno; Marx pensaba al capitalismo para pensar las posibilidades del comunismo. Y es que a pesar de que a Marx y al marxismo se le ubica como una teoría del socialismo en general Marx no es un teórico del socialismo ni del comunismo (al menos no en primera instancia), lo que lo hace verdaderamente especial es su análisis del sistema capitalista en cuanto tal, del sistema en que la práctica totalidad de la humanidad se desenvuelve, su interés principal era explicar a detalle el funcionamiento de este particular modo de producción más que elucubrar sobre mundos futuros. Así pues, Karl Marx (cuya obra cumbre lleva el sugerente nombre de "El Capital" y no de "El Socialismo") sería más acertadamente descrito como un *teórico del capitalismo*. En este tenor es que me acerqué al estudio del capitalismo contemporáneo, buscando encontrar dentro del capitalismo mismo las condiciones de su subversión utópica (Socialismo Científico), pero lo que encontré no fue en lo absoluto de mi agrado, lo que encontré en el análisis de las condiciones objetivas actuales va más en la vena de una Distopía Científica; creo que es en la búsqueda de la Distopía donde podemos obtener mejores resultados teóricos y si todo apunta a que todo va para peor al menos sabremos por qué lado caerá la guadaña.

Por el momento la imaginación dialéctica no me ha dado para imaginar un escenario de unicornios donde todos comamos perdices y seamos felices, pero aún mantengo la esperanza al estilo de Bloch, esperando desesperanzadamente que cuando me adentre al

estudio de los límites políticos y sociales (tal vez en un volumen 3) encuentre algo que reavive esa pequeña flama de esperanza que se niega a desaparecer. Por último, también cabe aclarar que a pesar de que el tema del colapso *económico* del capitalismo fue de suma importancia para el resultado vertido en estas páginas no podría decir de ninguna manera que la idea del "límite económico" al desarrollo del capitalismo tal como lo entendiera Wallerstein y buena parte de las corrientes marxistas fuera abordada en esta investigación, se abordó en gran medida pero siempre teniendo como eje la esfera ecológica, por lo que la parte netamente económica que entra de lleno en la investigación de la caída tendencial de la tasa de ganancia y de la teoría de las crisis también queda pendiente para un próximo volumen.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Bibliografía (capítulo uno):

- Aguirre Rojas, Carlos Antonio, ‹‹Immanuel Wallerstein y la perspectiva crítica del "análisis de los sistemas-mundo"››, en: Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Ediciones desde abajo, Bogotá, 2007.
- Braudel, Fernand, *La dinámica del capitalismo*, FCE, México, 2006.
- Echeverría, Bolívar, ‹‹"Renta tecnológica" y "devaluación" de la naturaleza››, en: Echeverría, Bolívar, *Modernidad y blanquitud*, Era, México, 2011.
- Engels, Friedrich, "*Esbozos para una crítica de la economía política"*, en: Marx, Karl, *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, Editorial Colihue, Buenos Aires, 2006.
- Engels, Friedrich, "La contribución a la crítica de la economía política de Karl Marx", en: *Contribución a la crítica de la economía política*, Siglo XXI, México, 2008.
- Engels, Friedrich, "Principios del comunismo", en: K. Marx y F. Engels, *Manifiesto del Partido Comunista*, Editorial Progreso, Moscú, 1990.
- Engels, Friedrich, *Anti-Dühring*, Grijalbo, México, 1968.
- Engels, Friedrich, *Del socialismo utópico al socialismo científico*, Editorial Gernika, México, 1984.
- Galindo, Jorge y Rodrigo R. Gómez G., "Capitalismo y paradoja: reflexiones en torno a la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia", en: Aroch Fugellie, Paulina et al. (coord.), *Das Kapital. Marx, actualidad y crítica*, Siglo XXI, México, 2019, pp. 240-261.
- Gómez G., Rodrigo R., *De leyes y límites del capitalismo en la larga duración*, Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, México, 2018. (ebook)
- Gómez G., Rodrigo R., *El concepto de Revolución en Karl Marx*, Tesis de licenciatura, UNAM-Facultad de Economía, 2011.
- Marx, Karl y Engels, Friedrich, *La ideología alemana*, Ediciones de Cultura Popular, México, 1979.
- Marx, Karl y Engels, Friedrich, *La Sagrada Familia*, Editorial Grijalbo, México, 1981.
- Marx, Karl y Engels, Friedrich, *Manifiesto del Partido Comunista*, Editorial Progreso, Moscú, 1990.

- Marx, Karl, “Discurso sobre el libre intercambio”, en: Marx, Karl, Miseria de la filosofía, Siglo XXI, México, 1987.
- Marx, Karl, “En torno a la crítica de la filosofía del derecho de Hegel, Introducción”, en: Marx, K. y Engels, F., *La Sagrada Familia*, Editorial Grijalbo, México, 1981.
- Marx, Karl, “Teoría sobre el plusvalor", en: Colletti, Lucio, *El marxismo y el ‘derrumbe’ del capitalismo*, Siglo XXI, México, 1983.
- Marx, Karl, *Contribución a la crítica de la economía política*, Siglo XXI, México, 2008.
- Marx, Karl, *Cuadernos de París*, Editorial Era, México, 1974.
- Marx, Karl, *El Capital Libro I Capítulo VI (inédito). Resultados del proceso inmediato de producción*, Siglo XXI, México, 2001.
- Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 1*, Siglo XXI, México, 2003.
- Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, Siglo XXI, México, 2003.
- Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 3*, Siglo XXI, México, 2003.
- Marx, Karl, *El Capital, Tomo II, Vol. 4*, Siglo XXI, México, 2004.
- Marx, Karl, *El Capital, Tomo III, Vol. 6*, Siglo XXI, México, 2005.
- Marx, Karl, *El Capital, Tomo III, Vol. 8*, Siglo XXI, México, 2009.
- Marx, Karl, *Grundrisse, Vol. 1*, Siglo XXI, México, 1986.
- Marx, Karl, *Grundrisse, Vol. 2*, Siglo XXI, México, 1987.
- Marx, Karl, *Grundrisse, Vol. 3*, Siglo XXI, México, 1986.
- Marx, Karl, *La tecnología del capital*, Editorial Itaca, México, 2005.
- Marx, Karl, *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, Editorial Colihue, Buenos Aires, 2006.
- Marx, Karl, *Miseria de la filosofía*, Siglo XXI, México, 1987.
- Marx, Karl, *Salario, precio y ganancia*, Ediciones en lenguas extranjeras, Pekín, 1976.
- Marx, Karl, *Trabajo asalariado y capital*, Editorial Origen/Planeta, México, 1986.
- Mattick, Paul, *Marx y Keynes: los límites de la economía mixta*, Era, México, 1975.
- Napoleoni, Claudio, *Smith, Ricardo, Marx: considerações sobre a história do pensamento económico*, Edições Graal, Rio de Janeiro, 1988.
- Schumpeter, Joseph A., *Diez grandes economistas: de Marx a Keynes*, Alianza, Madrid, 1971.

- Wallerstein, Immanuel, "¿Crisis, cuál crisis?", en: Gandásegui, Marco A. y Castillo Fernández, Dídimo (coordinadores), *Estados Unidos: la crisis sistémica y las nuevas condiciones de legitimación*, Siglo XXI, México, 2010.
- Wallerstein, Immanuel, "El Foro Social Mundial, Egipto y la transformación", México, *La Jornada*, 26 de febrero de 2011.
- Wallerstein, Immanuel, "La crisis como transición", en: Amir, Samin, et al., *Dinámica de la crisis global*, Siglo XXI, México, 2005.
- Wallerstein, Immanuel, *Análisis de sistemas-mundo: una introducción*, Siglo XXI, México, 2013.
- Wallerstein, Immanuel, *Capitalismo histórico y movimientos antisistémicos: un análisis de sistemas-mundo*, Akal, Madrid, 2004.
- Wallerstein, Immanuel, *Conocer el mundo, saber el mundo: el fin de lo aprendido*, Siglo XXI, México, 2011.
- Wallerstein, Immanuel, *Después del liberalismo*, Siglo XXI, México, 2005.
- Wallerstein, Immanuel, *El capitalismo histórico*, Siglo XXI, México, 2003.
- Wallerstein, Immanuel, *El moderno sistema mundial, vol. I:* la agricultura capitalista y los orígenes de la economía-mundo europea en el siglo XVI, Siglo XXI, México, 1999.
- Wallerstein, Immanuel, *Estados Unidos confronta al mundo*, Siglo XXI, México, 2012.
- Wallerstein, Immanuel, *Historia y dilemas de los movimientos antisistémicos*, Contrahistorias, México, 2008.
- Wallerstein, Immanuel, *Impensar las ciencias sociales*, *límites de los paradigmas decimonónicos*, Siglo XXI, México, 1999.
- Wallerstein, Immanuel, *La crisis estructural del capitalismo*, Ediciones desde abajo, Bogotá, 2007.
- Wallerstein, Immanuel, *La decadencia del poder estadounidense*, Era, México, 2005.
- Wallerstein, Immanuel, *Universalismo europeo: el discurso del poder*, Siglo XXI, México, 2007.
- Wallerstein, Immanuel, *Utopística, o las opciones históricas del siglo XXI*, Siglo XXI, México, 2010.
- Wallerstein, Immanuel; Arrighi, Giovanni; Hopkins, Terence K., *Movimientos antisistémicos*, Akal, Madrid, 2012.

Bibliografía (capítulo dos):

- 2030 Water Resources Group, *2016 Annual Report: Partnerships for transformation*, 2016.
- Akram-Lodhi, A. Haroon, *Land grabs, the agrarian question and the corporate food regime*, en: Canadian Food Studies, Vol. 2, No. 2, September 2015.
- Almeyra, Guillermo et al., *Capitalismo: tierra y poder en América Latina (1982-2012)*, Volumen III, UAM-CLACSO, México, 2014.
- AMAP, 2018. *Adaptation Actions for a Changing Arctic: Perspectives from the Baffin Bay/Davis Strait Region.* Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
- Andrews, T., Gamu, J., Le Billon, P., Oh, C.H., Reyes, D. and Shin, J. (2018). *The Role of Host Governments in Enabling or Preventing Conflict Associated with Mining*. Canadian International Resources and Development Institute (CIRDI).
- Angus, Ian, *Facing the Anthropocene: Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System*, Monthly Review Press, New York, 2016.
- Aradottir, Asa L., Dagmar Hagen, "Ecological Restoration: Approaches and Impacts on Vegetation, Soils and Society", en: *Advances in Agronomy*, Volume 120, 2013.
- Bado, Vincent B., André Bationo, "Integrated Management of Soil Fertility and Land Resources in Sub-Saharan Africa: Involving Local Communities", en: *Advances in Agronomy*, Volume 150, 2018, pp. 1-33.
- Ball, William T. et al., "Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18. https://doi.org/10.5194/acp-18-1379-2018
- Bardi, Ugo, Rolf Jakobi, Hiroshan Hettiarachchi, "Mineral Resource Depletion: A Coming Age of Stockpiling", en: *BioPhysical Economics and Resource Quality*, (2016) 1:4.
- Bathiany, Sebastian; Dakos, Vasilis; Scheffer, Marten; Lenton, Timothy M., "Climate models predict increasing temperature variability in poor countries", *Science Advances*, Vol. 4, No. 5, 2 de Mayo de 2018.

- Biermann, Frank, et al., "Down to Earth: Contextualizing the Anthropocene", *Global Environmental Change* 39, 2016.
- BP energy economics, *BP Energy Outlook, 2018 edition*, 2018, p. 105. En: https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf [consultado el 15 de abril de 2018]
- Brown, Patrick T. & Caldeira, Ken, "Greater future global warming inferred from Earth's recent energy Budget", *Nature*, Vol. 552, 7 de diciembre de 2017.
- Burek, Peter et al., *Final Report: Water Futures and Solution, Fast Track Initiative*, IIASA, Austria, March 2016.
- Butler, James H. y Montzka, Stephen A., "The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI)" (actualizado primavera 2018), NOAA Earth System Research Laboratory, 2018. Disponible en línea en: https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html [consultado 9 de julio de 2018]
- Caesar, L.; Rahmstorf, S.; Robinson, A.; Feulner, G.; Saba, V., "Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation", en: *Nature*, Vol. 556, 12 de Abril de 2018.
- Carrington, Damian, "The Anthropocene epoch: scientists declare dawn of human-influenced age", *The Guardian*, 29 de agosto de 2016, en: https://www.theguardian.com/environment/2016/aug/29/declare-anthropocene-epoch-experts-urge-geological-congress-human-impact-earth [consultado el 16 de mayo de 2018]
- Collen, Ben et al., "Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism", en: *Global Ecology and Biogeography*, (2014) 23.
- Corlett, Richard T., "The Anthropocene concept in ecology and conservation", en: *Trends in Ecology & Evolution*, January 2015, Vol. 30, No. 1.
- Crutzen, Paul J. y Stoermer, Eugene F., "The Anthropocene", en: IGBP Newsletter, No. 41, May 2000, p. 17. En línea en: http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf [consultado el 16 de mayo de 2018]

- Cuthbert, M. O., T. Gleeson, N. Moosdorf, K. M. Befus, A. Schneider, J. Hartmann & B. Lehner, "Global patterns and dynamics of climate-groundwater interactions", en: *Nature Climate Change* 9, 2019.
- Chakrabarty, Dipesh, "Anthropocene Time", *History and Theory* 57, No. 1, March 2018.
- Chevrel, Stéphane, Anne Bourguignon, "Application of Optical Remote Sensing for Monitoring Environmental Impacts of Mining: From Exploitation to Postmining", en: Baghdadi, Nicolas, Mehrez Zribi (eds.), *Land Surface Remote Sensing: Environment and Risks*, Elsevier, 2016, pp. 191-220.
- De Ambrosio, Martín, *Todo lo que necesitas saber sobre el cambio climático*, Paidós, México, 2015.
- Diffenbaugh, Noah S. y Field, Christopher B., "Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions", en: *Science*, vol. 341 (2013).
- Ekwurzel, B., J. Boneham, M. W. Dalton, R. Heede, R. J. Mera, M. R. Allen, P. C. Frumhoff, "The rise in global atmospheric CO_2 surface temperature, and sea level from emissions traced to major carbon producers", en: *Climatic Change*, vol. 144, 2017.
- Ellen Macarthur Foundation, *The New Plastic Economy, Rethinking the Future of Plastics*, 2016.
- Environmental Investigation Agency, *BLOWING IT: Illegal Production and Use of Banned CFC-11 in China's Foam Blowing Industry*, Julio 2018 , p. 4. En línea: https://eia-international.org/report/blowing-it [Consultado el 16 de julio de 2018]
- Eriksen, Marcus; Lebreton, Laurent C. M.; Carson, Henry S.; Thiel, Martin; Moore, Charles J.; Borerro, Jose C.; Galgani, Francois; Ryan, Peter G.; Reisser, Julia, "Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea", en: *PLoS ONE*, 9 (12), Diciembre 10 de 2014.
- Famiglietti, J. S., "The global groundwater crisis", en: *Nature Climate Change*, Vol. 4, Noviembre 2014.
- FAO, *World Livestock 2011 – Livestock in food security*, Rome, 2011.

- FAO. 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome.
- Foster, Gavin L.; Royer, Dana L.; Lunt, Daniel J., "Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years", *Nature Communications* 8: 14845, Abril de 2017.
- Gardner, Alex S. et al., "Increased West Antarctic and unchanged East Antarctic ice discharge over the last 7 years", en: *The Cryosphere*, 12, 2018, p. 521. Disponible en línea: https://www.the-cryosphere.net/12/521/2018/tc-12-521-2018.pdf [consultado el 13 de junio de 2018]
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G., *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2013.
- Gerten, Dieter, Johan Rockström, Jens Heinke, Will Steffen, Katherine Richardson, Sarah Cornell, "Response to Comment on "Planetary boundaries: Guiding humand development on a changing planet", en: *Science*, Vol. 348, Issue 6240, Junio 2015.
- Harrould-Kolieb, Ellycia; Huelsenbeck, Matthew; Selz, Virginia, *Ocean Acidification: The Untold Stories*, Oceana, November 2010.
- Harvey, David, "El "nuevo" imperialismo: acumulación por desposesión". En: *Socialist Register* 2004 (enero 2005), CLACSO, Buenos Aires.
- Heede, Richard, "Tracing anthropogenic carbon dioxide ande methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854-2010", en: *Climatic Change*, vol. 122, 2014.
- Higgs, John, *Historia alternativa del siglo XX. Más extraño de lo que cabe imaginar*, Taurus, México, 2016.
- Hill, Samantha L.L. et al, "Worldwide impacts of past and projected future land-use change on local species richness and the Biodiversity Intactness Index", en: *bioRxiv. The preprint server for biology*, Mayo 2018. DOI: https://doi.org/10.1101/311787
- Holder, Josh; Kommenda, Niko; Watts, Jonathan, "The three-degree world: the cities that will be drowned by global warming", *The Guardian*, 3 de noviembre de 2017, en: https://www.theguardian.com/cities/ng-interactive/2017/nov/03/three-degree-

world-cities-drowned-global-warming?CMP=fb_gu [consultado el 14 de junio de 2018]

- Hughes, Terry P.; Barnes, Michele L.; Bellwood, David R.; Cinner, Joshua E.; et al., "Coral reefs in the Anthropocene", en: *Nature*, Vol. 546, 1 de junio de 2017.
- International Union for Conservation of Nature, "Ocean Warming", *IUCN Issues Brief*, November 2017.
- IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T. G. Holland, F. Kohler, J. S. Kotiaho, G. Von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M. D. Potts, S. Prince, M. Sankaran and L. Willemen (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- IPBES, *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Advance unedited versión, 6 Mayo 2019.
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

- Ivar do Sul, Juliana A. y Costa, Monica F., "The present and future of microplastic pollution in the marine environment", en: *Environmental Pollution*, Volume 185, February 2014.
- J. Richter-Menge, J. E. Overland, and J. T. Mathis, Eds., 2016: Arctic Report Card 2016. En: http://www.arctic.noaa.gov/Report-Card [consultado el 21 de abril de 2018]
- J. Richter-Menge, J. E. Overland, J. T. Mathis, and E. Osborne, Eds., 2017: Arctic Report Card 2017. En: http://www.arctic.noaa.gov/Report-Card [consultado el 21 de abril de 2018]
- Jaramillo, Fernando y Georgia Destouni, "Comment on "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", en: *Science*, Vol. 348, Issue 6240, Junio 2015.
- Konrad, Hannes; Shepherd, Andrew; Gilbert, Lin; Hogg, Anna E.; McMillan, Malcolm; Muir, Alan; Slater, Thomas, "Net retreat of Antarctic glacier grounding lines", en: *Nature Geoscience* 11 (2018).
- Latouche, Serge, "Decrecimiento como solución a la crisis", en: *Mundo Siglo XXI*, México, CIECAS-IPN, IV(21), Verano 2010.
- Liu, Marian, "Great Pacific Garbage Patch now three times the size of France", *CNN*, Marzo 23 de 2018, en: https://edition.cnn.com/2018/03/23/world/plastic-great-pacific-garbage-patch-intl/index.html [consultado el 10 de junio de 2018]
- Lottermoser, Bernd G., *Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts*, Springer, 2010.
- Luck, M., M. Landis, F. Gassert (2015). "Aqueduct Water Stress Projections: Decadal Projections of Water Supply and Demand Using CMIP5 GCMs." Technical Note. Washington, D.C.: *World Resources Institute*.
- Luo, T., R. Young, P. Reig (2015). "Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings." Technical Note. Washington, D.C.: *World Resources Institute*. Disponible en línea: www.wri.org/publication/aqueduct-projected-water-stresscountry-rankings
- Matthews, Damon H. et al., "National contributions to observed global warming". En: *Environmental Research Letters* 9 (2014). En:

http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/1/014010/pdf [consultado el 20 de abril de 2018]

- Maxwell, Sean et al., "The ravages of guns, nets and bulldozers", en: *Nature*, 11 de agosto de 2016, Vol. 536.
- Moore, Jason W., "Introduction", en: Moore, Jason W. (ed.), *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism*, PM Press, Michigan, 2016.
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing". In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Nellemann, C., Hain, S., and Alder, J. (Eds), *In Dead Water – Merging of climate change with pollution, over-harvest, and infestations in the world's fishing grounds*. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, Norway, 2008.
- Niti Aayog, *Composite Water Management Index: a tool for water management*, Niti Aayog in association with Ministry of Water Resources, Ministry of Drinking Water & Sanitation, and Ministry of Rural Development, India, June 2018, p. 15. Disponible en: http://www.niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/2018-05-18-Water-index-Report_vS6B.pdf [consultado el 18 de junio de 2018]
- NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, en: https://www.ncdc.noaa.gov/cag/ [consultado el 10 de junio de 2018]
- Nobre, Carlos A., Gilvan Sampaio, Laura S. Borma, Juan Carlos Castilla-Rubio, José S. Silva, y Manoel Cardoso, "Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm", en: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, September 2016, Vol. 113, No. 39.
- Obbard, Rachel W.; Sadri, Saeed; Wong, Ying Qi; Khitun, Alexandra A.; Baker, Ian; Thompson, Richard C., "Global warming release microplastic legacy frozen in Arctic

Sea ice", en: *Earth's Future*, 2 (2014). Disponible en línea: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2014EF000240 [consultado el 30 de abril de 2018]

- Oltmanns, Marilena; Karstensen, Johannes; Fischer Jürgen, "Increased risk of a shutdown of ocean convection posed by warm North Atlantic summers", en: *Nature Climate Change*, Vol. 8, Abril 2018, pp. 300-304.
- Owen, James, "New Earth Epoch Has Begun, Scientists Say", *National Geographic News*, 6 de abril de 2010, en: https://news.nationalgeographic.com/news/2010/04/100406-new-earth-epoch-geologic-age-anthropocene/ [consultado el 16 de mayo de 2018]
- Oxfam, "La desigualdad extrema de las emisiones de carbono", *Nota informativa de Oxfam*, 2 de diciembre de 2015. Disponible en línea en: https://www.oxfam.org/en/research/extreme-carbon-inequality [consultado el 14 de julio de 2018]
- Philander, S. George (editor), *Encyclopedia of Global Warming and Climate Change, Second Edition*, SAGE publications, United States, 2012.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2019), *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, GEO 6: Resumen para responsables de formular políticas*, Nairobi.
- Projecting Responses of Ecological diversity In Changing Terrestrial Systems (PREDICTS), es una base de datos con registros del impacto humano en especies de todo el planeta. Véase: https://www.predicts.org.uk/
- Raftery, Adrian E., Zimmer, Alec; Frierson, Dargan M. W.; Startz Richard; Liu, Peiran; "Less tan 2 °C warming by 2100 unlikely", *Nature Climate Change* 7, Julio 2017.
- Raftery, Adrian E., Zimmer, Alec; Frierson, Dargan M. W.; Startz Richard; Liu, Peiran; "Less tan 2 °C warming by 2100 unlikely", *Nature Climate Change* 7, Julio 2017.
- Randers, Jorgen, *2052: A Global Forecast for the next Forty Years*, Chelsea Green Publishing, Vermont, 2012.

- Rhodes, Christopher J., "The global oil supply – prevailing situation and prognosis", en: *Science Progress* (2017), Vol. 100 (2).
- Richey, Alexandra S., Brian F. Thomas, Min-Hui Lo, John T. Reager, James S. Famiglietti, Katalyn Voss, Sean Swenson, Matthew Rodell, "Quantifying renewable groundwater stress with GRACE", en: *Water Resources Research*, Vol. 51, pp. 5217-5238.
- Riechmann, Jorge, *Autoconstrucción. La transformación cultural que necesitamos*, Catarata, Madrid, 2015.
- Ripple, William J. et al., "World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice", en: *BioScience*, Volume 67, Issue 12, 1 December 2017.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. 2009. "Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity". En: *Ecology and Society* **14**(2): 32. [online] URL: http://www. ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/
- Roser, Max, "Economic Growth", 2020. En línea: https://ourworldindata.org/economic-growth [consultado el 30 de abril de 2020]
- Ruddiman, William F., "The Anthropocene", en: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, Vol. 41, 2013.
- S. A. Moges, A. S. Gebregiorgis, "Climate Vulnerability on the Water Resources Systems and Potential Adaptation Approaches in East Africa: The Case of Ethiopia", en: *Climate Vulnerability. Understanding and Addressing Threats to Essential Resources*, Volume 5, 2013.
- Salter, Jessica, "Wrapping Greenland in reflective blankets", *The Telegraph*, 18 de febrero de 2009, en: https://www.telegraph.co.uk/news/earth/environment/climatechange/4689667/Wrapping-Greenland-in-reflective-blankets.html [consultado el 13 de junio de 2018]

- Sánchez-Bayo, Francisco y Kris A. G. Wyckhuys, "Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers", en: *Biological Conservation*, Volume 232, April 2019.
- Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego, disponible en línea en https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/pdf-downloads/ [consultado el 9 de julio de 2018]
- Schuur, Edward A. G. y Abbott, Benjamin, "High risk of permafrost thaw", en: *Nature*, Vol. 480, Diciembre 2011.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennet, Reinette Biggs, Stepehen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia, A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers, Sverker, Sörlin, "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", en: *Science*, Vol. 347, Issue 6223, 13 de febrero de 2015.
- Steffen, Will, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney, Cornelia Ludwig, "The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration", en: *The Anthropocene Review*, SAGE, 2015..
- Strauss, B. H., Kulp, S. y Levermann, A., *Mapping Choices: Carbon, Climate, and Rising Seas, Our Global Legacy*, Climate Central Research Report, 2015.
- Taylor, Matthew, "Record levels of plastic discovered in Arctic sea ice", The Guardian, 24 de abril de 2018. En: https://www.theguardian.com/environment/2018/apr/24/record-levels-of-plastic-discovered-in-arctic-sea-ice?CMP=fb_gu [consultado el 27 de abril de 2018]
- Tetrault, Darcy Victor, "México: La ecología política de la minería", en: Veltmeyer, Henry y Petras, James, *El neoextractivismo. ¿Un modelo posneoliberal de desarrollo o el imperialismo del Siglo XXI?*, Crítica, México, 2015.
- The Guardian, "If water vapor is the key greenhouse gas, why are man-made emissions important?", *The Guardian*, 28 de enero de 2011, en: https://www.theguardian.com/environment/2011/jan/28/water-vapour-greenhouse-gas [consultado el 20 de junio de 2018]

- Thornalley, David J. R.; Oppo, Delia W.; Ortega, Pablo; Robson, Jon I.; Brierley, Chris M.; Davis, Renee; Hall, Ian R.; Moffa-Sanchez, Paola; Rose, Neil L.; Spooner, Peter T.; Yashayaev, Igor; Keigwin, Lloyd D., "Anomalously weak Labrador Sea convection and Atlantic overturning during the past 150 years", en: *Nature*, Vol. 556, 12 de Abril de 2018.
- UNDP and UN Environment (2018). *Managing mining for sustainable development: A sourcebook*. Bangkok: United Nations Development Programme.
- UNEP (2016). *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- UNFCC, Acuerdos de París, Artículo 2, en: UNFCCC, *Adoption of the Paris Agreement,* 12 de diciembre de 2015. Disponible en: https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf [consultado el 22 de junio de 2018]
- Union of Concerned Scientists, *Automaker Rankings 2018: The Environmental Performance of Car Companies, Junio 2018*.
- Union of Concerned Scientists, *World Scientists' Warning to Humanity*, 1992, Cambridge. En: https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2017/11/World%20Scientists%27%20Warning%20to%20Humanity%201992.pdf [consultado el 15 de abril de 2018]
- United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), *Desertification: The Invisible Frontline*, Germany, 2014.
- United Nations Development Programme / Global Environment Facility, *Reclaiming the Land Sustaining Livelihoods*, Noviembre 2004, UNDP, New York.
- United Nations Environment Programme (UNEP), *Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People*, Cambridge University Press, Nairobi, 2019.
- Vallero, Daniel A., Trevor M. Letcher, *Unraveling Environmental Disasters*, Elsevier, USA, 2013.
- Veltmeyer, Henry y Petras, James, *El neoextractivismo. ¿Un modelo posneoliberal de desarrollo o el imperialismo del Siglo XXI?*, Crítica, México, 2015.

- Visconti, Piero et al., "Projecting Global Biodiversity Indicators under Future Development Scenarios", en: *Conservation Letters. A Journal of the Society for Conservation Biology*, January/February 2016, 9 (1).
- Waters, Colin N.; Zalasiewicz, Jan; Summerhayes, Colin; Barnosky, Anthony D.; et al., "The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene", *Science*, Vol. 351, No. 6269.
- WGMS, 2017. *Global Glacier Change Bulletin No. 2 (2014–2015)*. Zemp, M., Nussbaumer, S. U., GärtnerRoer, I., Huber, J., Machguth, H., Paul, F., and Hoelzle, M. (eds.), ICSU(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/ UNESCO/WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland.
- Whitmarsh, Flora; Zika, Jan; Czaja, Arnaud, "Ocean heat uptake and the global surface temperature record", *Grantham Institute Briefing paper No 14*, September 2015, Imperial College, London.
- William J. Ripple, Christopher Wolf, Thomas M. Newsome, Mauro Galetti, Mohammed Alamgir, Eileen Crist, Mahmoud I. Mahmoud, William F. Laurance, 15,364 scientist signatories from 184 countries; World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice, *BioScience*, Volume 67, Issue 12, 1 December 2017, Pages 1026–1028, https://doi.org/10.1093/biosci/bix125
- William R. Gray et al., "Deglacial upwelling, productivity and CO2 outgassing in the North Pacific Ocean", *Nature Geoscience* 11 (2018), pp. 340-344. DOI: 10.1038/s41561-018-0108-6
- World Glacier Monitoring Service, "Latest glacier mass balance data", en: https://wgms.ch/latest-glacier-mass-balance-data/ [consultado el 13 de junio de 2018]
- Worm, Boris et al., www.sciencemag.org, Science 3 November 2006: Vol. 314 no. 5800. pp. 787-790.
- WWF. 2018. *Living Planet Report - 2018: Aiming Higher*. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland, p. 7.
- Yue, Xu et al, "Ozone and haze pollution weakens net primary productivity in China", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17, 2017, pp. 6073-6089. https://doi.org/10.5194/acp-17-6073-2017

- Zhi Li, Ling, et al., *China's rare earth ore deposits and beneficiation techniques*, 1st European Rare Earth Resources Conference, 2014, en : http://www.eurare.eu/docs/eres2014/firstSession/XiaoshengYang.pdf

Bibliografía (capítulo tres)

- Acemoglu, Daron, James A. Robinson, *Por qué fracasan los países. Los orígenes del poder, la prosperidad y la pobreza*, Crítica-Booket, México, 2018
- Adam R. Brandt, Yuchi Sun, Sharad Bharadwaj, David Livingston, Eugene Tan, Deborah Gordon, "Energy Return on Investment (EROI) for Forty Global Oilfields Using a Detailed Engineering-Based Model of Oil Production", en: PLoS ONE 10 (12), Diciembre 2015, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144141.
- Alcott, Blake, "Historical Overview of the Jevons Paradox in the Literature", en: Polimeni, et al., *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, Earthscan, London, 2008.
- Alexandre Poisson y Charles A. S. Hall, "Time Series EROI for Canadian Oil and Gas", en: *Energies* 2013, 6.
- Allwood, Julian M., "Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies", en: *Handbook of Recycling*, Elsevier, 2014.
- América Albert, Lilia, et al., *México tóxico. Emergencias químicas*, Siglo XXI, México, 2015.
- Bardi, Ugo, *The Limits to Growth Revisited*, Springer, New York, 2011.
- Bartra, Armando, *Hambre: dimensión alimentaria de la gran crisis*, MC Editores-UAM Xochimilco, México, 2013.
- *BP Statistical Review of World Energy*, 67th edition, United Kingdom, June 2018, p. 11. En línea: https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf [consultado noviembre de 2018]

- Broadbent, Clare, "Steel's recyclability: demonstrating the benefits of recycling Steel to achieve a circular economy", The International Journal of Life Cycle Assessment, November 2016, Volume 21, Issue 11.
- Bulach, Winfried, "Electric vehicle recycling 2020: Key component power electronics", *Waste Management & Research*, 2018.
- Burke, Marshall, Solomon M. Hsiang, Edward Miguel, "Global non-linear effect of temperature on economic production", *Nature*, vol. 527, October 2015, pp. 235-239.
- Burke, Marshall, W. Matthew Davis, Noah S. Diffenbaugh, "Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets", *Nature*, Vol. 557, May 2018, p. 549-566.
- Ceddia, M. G., "Sustainable agricultural intensification or Jevons paradox? The role of public governance in tropical South America", en: *Global Environmental Change*, Volume 23, Issue 5, October 2013.
- Clark, Brett, y Foster, Bellamy John,"William Stanley Jevons and the Coal Question: An Introduction to Jevons's "Of the Economy of Fuel", en: Organization & Environment, Vol. 14 No. 1, March 2001.
- Comisión Europea, *Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: sobre la aplicación del Pan de acción para la economía circular*, Bruselas, 4.3.2019, p. 1. En línea en: https://eur-lex.europa.eu/homepage.html
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), PROGRESOS ALCANZADOS EN LA APLICACIÓN DEL CONVENIO Y DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA 2011-2020 Y EN EL LOGRO DE LAS METAS DE AICHI PARA LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA, UNEP/CBD/SBI/1/2 ,18 de marzo de 2016.
- Charles A. S. Hall, *Energy Return on Investment: A Unifying Principle for Biology, Economics, and Sustainability*, Springer, Switzerland, 2017.
- Charles A. S. Hall, Jessica G. Lambert, Stephen B. Balogh, "EROI of different fuels and the implications for society", en: *Energy Policy* 64 (2014).
- Chossudovsky, Michel, *Globalización de la pobreza y nuevo orden mundial*, Siglo XXI, México, 2013, p. 25.

- Christopher J. Rhodes, “The global oil supply – prevailing situation and prognosis”, en: *Science Progress* (2017), 100 (2).
- David J. Murphy y Charles A. S. Hall, “Energy return on investment, peak oil, and the end of economic growth”, en: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1219 (2011).
- David J. Murphy, Charles A. S. Hall, Michael Dale y Cutler Cleveland, “Order from Chaos: A Preliminary Protocol for Determining the EROI of Fuels”, en: *Sustainability* 2011, 3, pp. 1888-1907.
- Deemer, Bridget R., John A. Harrison, Siyue Li, Jake J. Beaulieu, Tonya Delsontro, Nathan Barros, José F. Bezerra-Neto, Stephen M. Powers, Marco A. Dos Santos and Arie Vonk, “Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis”, en: BioScience Vol. 66, No. 11, November 2016.
- Dell, Melissa, Benjamin F. Jones, Benjamin A. Olken, “Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century”, American Economic Journal: Macroeconomics, Vol. 4, No. 3 (July 2012) , pp. 66-95.
- European Commission – Press release, “The European Green Deal sets out how to make Europe the first climate-neutral continent by 2050, boosting the economy, improving people’s health and quality of life, caring for nature, and leaving no one behind”, Bruselas, 11 de diciembre de 2019.
- European Commission, *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*, Bruselas, 2020.
- Ferruccio Ferroni, Alexandros Guekos, Robert J. Hopkirk, “Further considerations to: Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation”, en: *Energy Policy* 107 (2017), pp. 498-505.
- Ferruccio Ferroni, Robert J. Hopkirk, “Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation”, en: *Energy Policy* 94 (2016), p. 343.
- Florian Fizaine y Victor Court, “Energy expenditure, economic growth, and the minimum EROI of society”, en: *Energy Policy* 95 (2016).

- Florian Fizaine y Victor Court, "Renewable electricity producing technologies and metal depletion: A sensitivity analysis using the EROI", en: *Ecological Economics* 110 (2015).
- Foster, John Bellamy, et al., "Capitalism and the Curse of Energy Efficiency: The Return of the Jevons Paradox", en: *Monthly Review;* Nov 2010; 62, 6; Research Library.
- GAIA, *Discarded: communities on the frontlines of the global plastic crisis*, Global Alliance for Incinerator Alternatives, April 2019.
- García, Ernest, "Los límites desbordados: sustentabilidad y decrecimiento", en: *Trayectorias*, Año IX, Núm. 24, Mayo-Agosto 2007, p. 9. Nota: cabe aclarar que según datos del Banco Mundial en 2015 la población ya habría sobrepasado los 7 mil 300 millones de habitantes en el planeta.
- Geissdoerfer, Martin, Paulo Savaget, Nancy M. P. Bocken, Erik Jan Hultnik, "The Circular Economy – A new sustainability paradigm?", en: *Journal of Cleaner Production* 143 (2017).
- Geyer, Roland, Brandon Kuczenski, Trevor Zink, Ashley Henderson, "Common Misconceptions about Recycling", *Journal of Industrial Ecology*, Volume 20, Issue 5, 2016, pp. 1010-1017.
- Giordano, Eduardo, *Las guerras del petróleo: geopolítica, economía y conflicto*, Icaria, Barcelona, 2003.
- Gómez Cañete, Daniel, "Decrecimiento y energía en Europa", en: *Ecología Política, No. 35, decrecimiento sostenible*, Icaria, 2008.
- Hanley, Nick, et al., "Do increases in energy efficiency improve environmental quality and sustainability?", en: *Energy Policy,* Volume 37, 2009.
- Heinberg, Richard, *The End of Growth: adapting to our new economic reality*, New Society Publishers, Canada, 2011, Chapter 4.
- Jackson, Tim, et al., *Limits Revisited: a review of the limits to growth debate*, APPG, April, 2016.
- Jessica G. Lambert, Charles A.S. Hall, Stephen Balogh, Ajay Gupta y Michelle Arnold, "Energy, EROI and quality of life", en: *Energy Policy* 64 (2014).

- Jevons, William Stanley, *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines*, The Macmillan Company, New York, 1906.
- Kahn, Matthew E., Kamiar Mohaddes, Ryan N. C. Ng, M. Hashem Pesaran, Mehdi Raissi, Jui-Chung Yang, *Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis*, Working Paper 26167, National Bureau of Economic Research, Cambridge, August 2019, pp. 57.
- Kirchhherr, Julian, Denise Reike, Marko Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions", *Resources, Conservation & Recycling* 127 (2017), p. 221-232.
- Klare, Michael T., *Sangre y petróleo: peligros y consecuencias de la dependencia del crudo*, Tendencias Editores, Barcelona, 2006.
- Klare, Michael T., *The race for what's left: the global scramble for the world's last resources*, Metropolitan Books, United States, 2012.
- Klein, Naomi, *Esto lo cambia todo. El capitalismo contra el clima*, Paidós, México, 2015.
- Korhonen, Jouni, Antero Honkasalo, Jyri Seppälä, "Circular Economy: The Concept and its Limitations", *Ecological Economics* 143 (2018), pp. 37-46.
- Latouche, Serge, "Decrecimiento como solución a la crisis", en: *Mundo Siglo XXI*, México, CIECAS-IPN, IV(21), Verano 2010.
- Leena Grandell, Charles A. S. Hall, Mikael Höök, "Energy Return on Investment for Norwegian Oil and Gas from 1991 to 2008", en: *Sustainability* 3 (2011), pp. 2050-2070.
- Magdalena M. Czymek-Delêtre, Beatrice M. Smyth, Jerry D. Murphy, "Beyond carbon and energy: The challenge in setting guidelines for life cycle assessment of biofuel systems", en: *Renewable Energy* 105 (2017).
- Mahnkopf, Birgit, "Desigualdad social o giro a "economía verde": ¿respuesta adecuada para la crisis epocal del capitalismo?", en: *Mundo Siglo XXI*, revista del CIECAS-IPN, Nº 32, 2014.

- Marco Raugei et al., "Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation: A comprehensive response", en: *Energy Policy* 102 (2017), pp. 377-384.
- Martín Ramos, Jesús, "Consumo de recursos naturales en China y su impacto en el debate sobre el decrecimiento", en: *Ecología Política, No. 35, decrecimiento sostenible*, Icaria, 2008.
- Martínez Alier, Joan *et al.*, *¿Quién debe a quién?: deuda ecológica y deuda externa*, Diario Público, España, 2010.
- Martínez Alier, Joan, "Decrecimiento Sostenible: París, abril del 2008", en: *Ecología Política, No. 35, decrecimiento sostenible*, Icaria, 2008.
- McDowall, Will, Yong Geng, Beijia Huang, Eva Barteková, Raimund Bleisschwitz, Serdar Türkeli, René Kemp, Teresa Doménech, "Circular Economy Policies in China and Europe", *Journal of Industrial Ecology*, Volume 21, Number 3, 2017.
- Meadows, Donella, A synopsis: Limits to Growth: The 30-Year Update, 2004, pp. 1-2, en: http://donellameadows.org/archives/a-synopsis-limits-to-growth-the-30-year-update/
- Meadows, Donella, et al., *Limits to growth: the 30-year update*, Earthscan, London, 2004.
- Meadows, Donella, et al., *Más allá de los límites del crecimiento*, El País/Aguilar, Madrid, 1992.
- Meadows, Donella, et al., *The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of Mankind*, Universe Books, New York, 1972.
- Megan C. Guilford, Charles A. S. Hall, Pete O'Connor y Cutler J. Cleveland, "A New Long Term Assessment of Energy Return on Investment (EROI) for U.S. Oil and Gas Discovery and Production", en: *Sustainability* (2011), 3.
- Michael Carbajales-Dale, Charles J. Barnhart y Sally M. Benson, "Can we afford storage? A dynamic net energy analysis of renewable electricity generation supported by energy storage", en: *Energy and Environmental Science*, 2014, 7.
- Miéville, China, *Between equal rights: a Marxist theory of international law*, Koninklijke Brill NV, The Netherlands, 2005.

- National Renewable Energy Laboratory – National Center for Photovoltaics, "Research Cell Efficiency Records (1976-2015)", September 2015, en: https://www.energy.gov/eere/solar/downloads/research-cell-efficiency-records [consultado noviembre 2018]
- NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters (2019). https://www.ncdc.noaa.gov/billions/
- North, Liisa L. y Young, Laura, "Generando derechos para las comunidades perjudicados por la minería: litigios y otras acciones", en: García Zamora, Rodolfo (coordinador), *Megaminería, extractivismo y desarrollo económico en América Latina en el siglo XXI*, UAZ-Porrúa, México, 2015.
- O'Connor, James, *Causas naturales: ensayos de marxismo ecológico*, Siglo XXI, México, 2001.
- OECD (2016), *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*, OECD Publishing, Paris.
- Olodunsis Arodudu, Alexey Voinov, Iris van Duren, "Assesing bioenergy potential in rural areas – A NEG-EROEI approach", en: *Biomass and Bioenergy* 58 (2013).
- Oludunsin Arodudu, Esther Ibrahim, Alexey Voinov, Iris van Duren, "Exploring bioenergy potentials of built-up areas based on NEG-EROEI indicators", en: *Ecological Indicators* 47 (2014).
- Pearce, David W., R. Kerry Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Johns Hopkins University Press, 1989.
- Pinker, Steven, *En defensa de la Ilustración. Por la razón, la ciencia, el humanismo y el progreso*, Paidós, México, 2019.
- Polimeni, et al., *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, Earthscan, London, 2008.
- Polimeni, John M., "Empirical Evidence for the Jevons Paradox", en: Polimeni, et al., *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, Earthscan, London, 2008.
- Polimeni, John, et al., "Jevons' Paradox and the myth of technological liberation", en: *Ecological Complexity*, Volume 3 (2006).

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), *Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza – Síntesis para los encargados de la formulación de políticas*, Francia, 2011.
- Rachel Freeman, Mike Yearworth, and Chris Preist, "Revisiting Jevons' Paradox with System Dynamics: Systemic Causes and Potential Cures", en: *Journal of Industrial Ecology*, Volume 20, Number 2, 2015.
- Randers, Jorgen, *2052: A Global Forecast for the next Forty Years*, Chelsea Green Publishing, Vermont, 2012.
- Reike, Denise, Walter J. V. Vermeulen, Sjors Witjes, "The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? – Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options", *Resources, Conservation & Recycling* 135 (2018), pp. 246-264.
- Revesz, Richard L., Peter H. Howard, Kenneth Arrow, Lawrence H. Goulder, Robert E. Kopp, Michael A. Livermore, Michael Oppenheimer, Thomas Sterner, "Improve economic models of climate change", *Nature*, Vol. 508, April 2014, pp. 173-175.
- Riechmann, Jorge, *Autoconstrucción. La transformación cultural que necesitamos*, Catarata, Madrid, 2015.
- Rifkin, Jeremy, *La Tercera Revolución Industrial: cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo*, Paidós, Barcelona, 2011.
- Roberts, Paul, *El fin del petróleo*, Diario Público, España, 2010.
- Rockström, Johan *et al*., "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity", en: *Ecology and Society*, 14 (2), 2009. URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/
- Sacristán, Manuel, *Pacifismo, ecologismo y política alternativa*, Diario Público, España, 2009.
- Saunders, Harry D., "The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth," en: The Energy Journal, 1992, vol. 13, issue Number 4, pp. 131-148.
- Schenker, Oliver, "Exchanging Goods and Damages: The Role of Trade on the Distribution of Climate Change Costs",*Environmental & Resource Economics* (2013), Vol. 54, pp. 261-282.

- Scherer, Laura y Stephan Pfister, "Hydropower's Biogenic Carbon Footprint", en: PLoS ONE 11(9), September 14, 2016.
- Schneider, Mycle et al.,*World Nuclear Industry Status Report 2019*, MacArthur Foundation, Paris, Budapest, September 2019.
- Shinuo Deng y George R. Tynan, "Implications of Energy Return on Energy Invested on Future Total Energy Demand", en: *Sustainability* (2011), 3.
- Shiva, Vandana, *Manifiesto para una Democracia de la Tierra: justicia, sostenibilidad y paz*, Paidós, Barcelona, 2006.
- Simms, Andrew, et al., *Growth isn't possible: why we need a new economic direction*, New economics foundation, London, 2010.
- Sorrell, Steve, "Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency", en: Energy Policy, Volume 37 (2009).
- Sterner, Thomas, "Higher costs of climate change", Nature, Vol. 527, November 2015, pp. 177-178.
- Turner, Graham, *A comparison of the Limits to Growth with thirty years of reality*, CSIRO Working Papers, Canberra, 2008.
- USGCRP, 2018: Impactos, Riesgos, y Adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II: Informe Resumido [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, B.C. Stewart, and A. Lustig (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 187 pp. doi: 10.7930/NCA4.2018.RiBSpanish
- USGCRP, 2018: *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 1515 pp. doi: 10.7930/NCA4.2018

- Victor Court y Florian Fizaine, "Long-Term Estimates of the Energy-Return-on-Investment (EROI) of Coal, Oil, and Gas Global Productions", en: *Ecological Economics* 138 (2017).

- Winans, K., A. Kendall, H. Deng, "The history and current applications of the circular economy concept", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (2017), pp. 825-833.
- World Nuclear Association, "Energy Return on Investment" (updated March 2020). En línea: https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/energy-return-on-investment.aspx [consultado el 23 de agosto de 2020]
- Yu, Yadong, Dingjiang Chen, Bing Zhu, Shanying Hu, "Eco-efficiency trends in China, 1978-2010: Decoupling environmental pressure from economic growth", en: *Ecological Indicators*, Volume 24, January 2013, p. 177.
- Zink, Trevor, Roland Geyer, "Circular Economy Rebound", *Journal of Industrial Ecology*, Volume 21, Number 3, 2017, p. 593.

Bibliografía (Conclusiones):

- Bloch, Ernst, *El principio esperanza, vol. I*, Editorial Trotta, Madrid, 2007.
- Marx, Karl, *El Capital, Tomo I, Vol. 2*, Siglo XXI, México, 2003.
- Žižek, Slavoj, *El coraje de la desesperanza. Crónicas del año en que actuamos peligrosamente*, Anagrama, Barcelona, 2018.