

Universidad Nacional Autónoma de México
División de Estudios de Posgrado de la Facultad de
Economía



***ECONOMIA Y NATURALEZA:
Relaciones y contradicciones
entre el sistema de producción
capitalista y la base materia.***

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMIA
PRESENTADA POR:
ALHELI FLORES FERRER

DIRECTORA DE TESIS: DRA. YOLANDA TRAPAGA DELFIN



Cd. Universitaria, México D.F. Septiembre 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicado a:
Citlali Ponce y Fabiano Crespillo

Agradecimientos

A la Dra. Yolanda Trápaga por dirigir esta tesis.

A Yazmín Ferrer por darme la vida y su incondicional amor.

A Patricia Martínez por acompañarme estos dos años de la maestría y apoyarme para lograr mis metas.

A los miembros del jurado por su apoyo y comentarios.

A Fabiano Crespillo y Citlali Ponce por su amistad.

A las chicas del Bloque por los buenos momentos.

A Beatriz Vargas por ayudarme corregir el texto.

A los profesores, compañeros del posgrado y tesisistas de la Dra. Trápaga por los comentarios y el apoyo que me han brindado.

A los *niños* por darme la pluma para ponerme a escribir.

A CONACYT por financiar este proyecto y a la Mtra. Nayelly León por su apoyo para conseguir el financiamiento.

Contenidos

Introducción	6
Capítulo I: La Naturaleza	16
Capítulo 2. La Física	29
2.1. Incertidumbre y precaución.....	29
2.2. Termodinámica, irreversibilidad y eficiencia.....	35
2.3. Entropía y economía.....	44
Capítulo 3. El Capital	50
Capítulo 4. El mercado	64
4.1. La Regla de Hotelling.....	66
4.2. La falacia de los stocks y el sistema de precios de mercado.....	72
Conclusiones	81
Anexo estadístico	87
Bibliografía	90

Indicé de gráficas

Gráfica 1. Aumento de la temperatura global (°C) y concentraciones de CO ₂ (ppm).	13
Gráfica 2. <i>Stock</i> del carbón para EEUU. 1949-2007.....	77
Gráfica 3. Importaciones Netas. EEUU 1949 -2007.....	78
Gráfica 4. Estado del <i>stock de las reservas</i> de carbón para EEUU calculado como S - P. 1949-2006.....	79
Gráfica 5. <i>Stock</i> de las reservas más <i>stock</i> estimado. EEUU. 1949-2006.....	80
Gráfica 6. Precio real del carbón. EEUU 1949-2007.....	81

Introducción

En una entrevista a Stephen Polasky¹ [2006] durante la reunión anual del Instituto Americano de Ciencias Biológicas en julio del 2006 y publicada con el título “Ecología y Economía” por la organización *ActionBioscience* dependiente del mismo instituto, se describe la búsqueda de alguna “propiedad apreciable” que se pudiera observar en los humedales de Portland, en el estado de Oregon, EEUU.

Para encontrar esta “propiedad apreciable” él y uno de sus estudiantes de doctorado recabaron los datos de los precios de las propiedades en Portland y los relacionaron con la distancia a la que se encontraban de los humedales. En relación con las casas registraron el tamaño del terreno, de la construcción, el número de baños, cercanía con los parques, la vista de cada casa, el tipo de vecindario y la calidad de las escuelas. La cantidad de datos que obtuvieron fue cercana a 15,000. Después de analizarlos, su resultado fue que la gente valora entre 400 y 500 dólares vivir cerca de los humedales, ya que es la cantidad promedio en que aumenta el valor de las casas al acercarse un cuarto de milla (equivalente a 400 metros) a estos. Si multiplicamos el número de casas que se encuentran a esta distancia por 500 dólares, tenemos el valor total de vivir en Portland cerca de los humedales. Ésta es la “propiedad apreciable” con la que concluye Polasky.

En dichos términos, la única “propiedad observable” que tienen los humedales es la de hacer en promedio 500 dólares más valiosas a las casas que se encuentran a un cuarto de milla de distancia de estos.

¹El Dr. Stephen Polasky tiene el puesto de Profesor Fesler-Lampert en Ecología y Economía Ambiental en la Universidad de Minnesota, en los Departamentos de Economía Aplicada y Ecología, Evolución y Comportamiento. También está afiliado los Departamentos de Biología de la Conservación, Recursos Acuáticos, Recursos Forestales y la Escuela de Leyes de la Institución. Fue economista principal del medio ambiente y recursos para el Consejo Presidencial de Asesores de Economía de 1998 a 1999. Sus intereses de investigación incluyen la conservación de la biodiversidad, las políticas sobre las especies en peligro de extinción, los análisis que integran a la ecología y la economía, la valuación de los servicios de los ecosistemas, la regulación ambiental, la teoría del juego, los recursos de propiedad común y los recursos renovables y no renovables.

Ser el hábitat de múltiples especies animales y vegetales las cuales tienen características singulares al estar en un ecosistema de transición entre lo acuático y terrestre, servir de refugio para los peces pequeños y permitirles llegar a desarrollarse y reproducirse, albergar distintas familias de aves, preservar la diversidad biológica, ser pieza clave para la conservación de la vida, contribuir a que se realice el ciclo hidrológico, ayudar a la descarga de CO₂, generar oxígeno, dar servicios a los agricultores, disminuir la intensidad de los ciclones, huracanes y tsunamis, etcétera. Pues al parecer, éstas no son “propiedades apreciables” en el sentido que apunta Polasky.

La conclusión que encuentra en su análisis se debe a la omisión de todas las funciones biológicas y ecológicas de los humedales, las cuales substituye por criterios monetarios que son referidos a las casas y no a los humedales. Todas las características que toma en cuenta tienen que ver con el valor de las casas y de esta forma resulta inevitable que su conclusión esté basada en términos de precios.

Si tomamos una serie de datos y a cada dato le asociamos una magnitud monetaria, el resultado final estará dado en términos monetarios. No habría ningún motivo para que esto fuera diferente, tal y como lo demuestra el éste ejemplo.

Valuar en 500 dólares el vivir cerca de un humedal puede tener diversas implicaciones, con base en este criterio se podría decidir vender cada vez más propiedades cerca del humedal, invadiendo a las especies que habitan, transformando el suelo y contaminando el ecosistema, también sería posible sugerir la conservación de éste con el mismo número de casas o se podría pensar en hacer un área protegida y quitar las casas. Dado que lo que se está valorando es el precio por vivir cerca del humedal, difícilmente se pensaría en quitar las casas a favor de beneficiar el espacio, ya que para que esto sucediera, sería necesario considerar el valor que se le asigne al humedal y no solo el valor de las casas. ¿qué precio debiera tener el humedal de modo que justificara dejar de

poner casas?, ¿qué precio sería necesario asignar para que se decidiera su conservación?

En una parte importante de la literatura que trata el tema de la ecología, el medio ambiente, los servicios ambientales, entre otros, vistos desde el enfoque económico, sucede lo mismo. Las características biológicas de los ecosistemas son olvidadas y en cambio se realizan los análisis tomando en cuenta otras características, en general éstas tienen que ver con *el costo de...* hacer, conservar, de dejar de hacer, de producir, de extraer, comercializar, etcétera.

Una economía que está basada en dicha línea argumental poco nos puede ayudar a entender el deterioro ambiental y el porqué resulta importante tomar medidas ante tal panorama.

Para seguir confirmando las estrategias de esta forma de pensamiento, retomemos otro dato citado por Polasky que llega mucho más lejos que el ejemplo anterior. Según Robert Costanza y sus colaboradores, se valúan los servicios ecosistémicos en 33 trillones (millones de millones) de dólares, con un margen de error de unos cuantos trillones. Esto implica que valen más que el PIB mundial del 2008, estimado en 60.8 billones (miles de millones) de dólares [International Monetary Found, 2009], lo cual nos dice cuán valiosos son. El problema básico que resalta Polasky recae en la dificultad de saber exactamente sobre qué se está hablando al considerar todos los ecosistemas de la Tierra.

Si bien, Polasky logra darse cuenta de que el sistema de la Tierra es también nuestro soporte de vida, ante esto lo que hace es preguntarse cuánto valen nuestros soportes de vida. La respuesta a esta pregunta ¿debiera estar dada en dólares? ¿o en qué moneda?. Si el dólar perdiera su valor, ¿también perderían su valor los soportes de nuestra vida? Si el deterioro ambiental se valúa también en términos monetarios ¿en cuánto se valúa el calentamiento global? y si éste fuera valuado en 3 mil millones de dólares ¿no sería más sencillo que el gobierno de EEUU imprimiera 3 mil millones de dólares adicionales para así acabar con el calentamiento global, en beneficio de toda la humanidad, en lugar

de entrar a un mediocre pero incómodo tratado de Kyoto?, ¿en qué términos debiera estar la solución al calentamiento global?, ¿en realidad hay solución?, ¿cuántos cientos, miles o millones de años tendrían que pasar para que se restablecieran algunas de las condiciones que están deterioradas en nuestra atmósfera?

Otra cuestión fundamental por considerar es que los ecosistemas resultan tan caros que nadie los podría comprar. Por otra parte, no hay persona alguna que ofrezca a la venta un ecosistema. En este sentido, carece de funcionalidad buscar valorar un ecosistema en términos monetarios. Si continuamos revisando los documentos del Instituto Americano de Ciencias Biológicas, nos encontramos con el documento “La Sexta Extinción” cuya autoría es del paleontólogo Niles Eldredge² [2001]. Este artículo comienza afirmando que:

En la mente de los biólogos quedan pocas dudas de que la Tierra está enfrentando actualmente una pérdida creciente de especies tal que amenaza con rivalizar las cinco mayores extinciones del pasado geológico. Desde el año de 1993, el biólogo de Harvard E. O. Wilson estimó que la Tierra está perdiendo alrededor de 30,000 especies por año, lo cual se traduce a la estadística aún más espeluznante de tres especies cada hora. Algunos biólogos han comenzado a pensar que esta crisis de la biodiversidad (esta “Sexta Extinción”) es aún más severa y más inminente que lo que Wilson supuso.

Seguido de esto, hace referencia a las cinco extinciones anteriores, las cuales se debieron a cambios climáticos globales y a fenómenos naturales. En dichas extinciones se cree desaparecieron en la menor el 17 por ciento y en la mayor 54 por ciento de las familias que existían.

La diferencia entre las cinco extinciones masivas de especies y esta Sexta Extinción reside en que ésta es causada por una sola especie, a saber, los seres

² Niles Eldredge, Ph.D.; paleontólogo, Curador en Jefe de la exhibición permanente “Sala de la Biodiversidad” (*Hall of Biodiversity*) en el Museo de Historia Natural y profesor adjunto de la Ciudad Universitaria de Nueva York. Ha dedicado su carrera al estudio de la teoría de la evolución a través del registro fósil, publicando sus opiniones en más de 160 artículos científicos, revisiones y libros. Su libro más reciente se titula *La Vida en el Balance: La Humanidad y la Crisis de la Biodiversidad* (*Life in the Balance: Humanity and the Biodiversity Crisis*). [Eldredge, 2001]

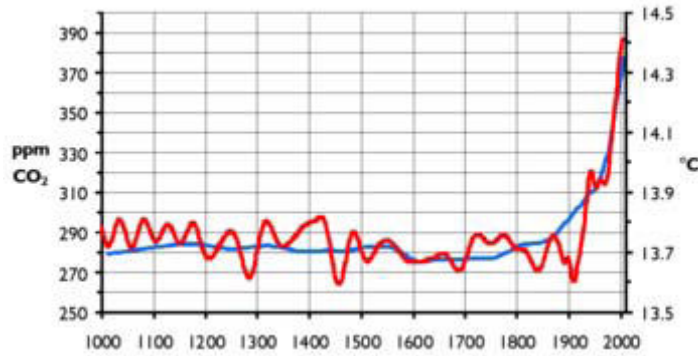
humanos y no todos por igual, ya que hay fuertes asimetrías en la formas de apropiación de la naturaleza. Este fenómeno, a diferencia de los anteriores, parece ser el único en el que se registra una causa biótica en lugar de una causa física.

Dado que el problema de la extinción masiva de especies es alarmante, cabe reconocer cuáles son sus causas. De acuerdo a Eldredge son: 1. La transformación del paisaje, 2. La sobreexplotación de las especies, 3. La contaminación y 4. La introducción de especies exóticas. Según su análisis, esta extinción se dividida en dos fases, la primera, que comenzó hace 100,000 años con la dispersión de los humanos modernos a diferentes partes del mundo y la segunda, hace unos 10,000 años con el inicio de la agricultura. Entre las causas que señala, hace especial hincapié en la sobrepoblación de los humanos, sobreexplotación pesquera, la tala excesiva de árboles y la diáspora humana que ha contribuido a la diseminación de especies exóticas, las cuales en muchos casos prosperan gracias a las especies nativas.

La dificultad en el análisis que presenta Eldredge recae en no tomar en cuenta los impactos en los ecosistemas debidos al empleo de combustibles fósiles y a los modelos productivos que se han impuesto y hecho globales por el sistema capitalista de producción.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento de la temperatura terrestre y de la concentración de CO₂ que va entre el año 1000 y 2000. La línea roja corresponde al comportamiento de la temperatura global y la línea azul a la concentración de CO₂. [Martínez, S. 2009:15]

Gráfica 1. Aumento de la temperatura global (°C) y concentraciones de CO₂ (ppm).



Fuente: "Historical CO₂ records from the law dome de08, de08-2, and dss ice cores" <<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html>>

Notas: Temperatura en °C línea roja. Datos del año 1000 al 2000. Concentración de CO₂ en ppm (partes por millón) línea azul. Datos del año 1008 a 1978.

Con esta gráfica, queda claro que las concentraciones de CO₂ aumentaron de manera exponencial a partir de 1800. Entre el año 1000 y 1800 la variación de la concentración de partículas de CO₂ era menor a 200 ppm (partes por millón) y entre el año 1800 y 2000 la fluctuación fue cercana a 100 ppm. Del mismo modo, la temperatura que entre el año 1000 y 1900 varió a lo sumo en 0.3°C, del año 1900 al 2000 presenta una variación cercana a 0.8°C.

Aunque el CO₂ no es el más tóxico de los gases de efecto invernadero, sí es el que tiene más impacto pues se presenta en mayor concentración. Este aumento del CO₂ y el de la temperatura global se entienden como consecuencia de la forma de producción y consumo impuesta y perpetuada en los últimos 200 años por el sistema capitalista. A diferencia de considerar esto, Eldredge hace una mención especial a la agricultura como la causante de la sexta extinción, dado que argumenta que a partir de ésta los hombres han logrado exceder la capacidad de carga del planeta y así llegar a sobrepoblarlo.

No obstante, en lo que concierne a la agricultura, y desemboca en problemas ecológicos, es que se han ocupado cada vez más tierras para cultivo y los procesos en la agricultura se han hecho más eficientes debido al empleo de combustibles fósiles y, más recientemente, a la ingeniería genética. La capacidad de carga del planeta ha sobrepasado su límite a causa de la excesiva demanda de

bienes que son extraídos de la naturaleza, lo cual no resulta equitativo para todos los habitantes del planeta.

La sobrepoblación no se puede dar en términos numéricos y absolutos, ésta se entiende sólo en el sentido de exceder la capacidad de carga del planeta. Si bien no podemos suponer que un planeta finito sea compatible con una población que crezca de manera ilimitada, tampoco podemos pasar por alto el desigual consumo que la población realiza en diferentes partes del planeta, ni que lo que está excedido en gran medida es la transformación de energía por parte de los humanos que supera a la energía que biológicamente necesitamos. Si tomamos en cuenta esto, el argumento de la sobrepoblación que da por hecho que sobran personas, no dista de ser un argumento neomalthusiano.

Si seguimos la argumentación de Eldredge, podemos darnos cuenta de que los modos de producción-consumo y el paradigma energético son irrelevantes para la comprensión de este fenómeno. Lo que importa es cuántos somos y no cómo vivimos, además de esto omite las fuertes desigualdades generadas por el sistema económico y con ello todas sus posibles implicaciones.

Al plantear de dicha forma el problema, también se está planteando parte de la solución, es decir, disminuir la cantidad de personas en el planeta sin que sea necesario modificar su modo de vida.

Planteamientos de tal naturaleza revelan que la ausencia del análisis del sistema económico y de los modos de producción característicos de cada época, son una limitante para hacer análisis adecuados en lo que se refiere a las ciencias naturales. A partir de la capacidad de los seres vivos de modificar el ambiente, es que las ciencias naturales tienen que considerar profunda y críticamente cómo lo están modificando.

El fenómeno de la Sexta Extinción no se puede entender sin considerar los modos de producción que se han adoptado desde la Revolución Industrial hasta la actualidad y la manera en que están transformando a los ecosistemas. Es cierto

que sin que hubiera antes una revolución agrícola no se hubiera dado la revolución industrial, pero no podemos omitir las consecuencias de ésta, dándole más importancia a las de la revolución agrícola.

Se ha predicho que antes de que termine este siglo se habrán extinto los corales, los cuales han vivido por millones de años y son particularmente importantes para la existencia de la vida marina. Los motivos de esta extinción se deben principalmente por la pesca por arrastre, al cambio de acidez de los océanos (causada principalmente a las altas concentraciones de CO₂ que absorben) y al aumento de temperatura provocado por el efecto invernadero.

Como podemos ver, la irracional pesca por arrastre sólo se puede entender en el contexto del sistema capitalista de producción, el cual, motivado por la ganancia y por la necesidad de hacer eficientes los procesos, destruye indiscriminadamente las formas de vida, le sean o no útiles al capital para realizar su ganancia. La acidez de los océanos debida al aumento del CO₂ que absorben no se puede comprender sin considerar los efectos de los combustibles fósiles característicos del sistema de producción moderno. El aumento en la temperatura de los océanos no sólo corresponde a los gases de efecto invernadero y estos están marcando la rapidez con que se eleva la temperatura. La temperatura que se registra en la Tierra es la más elevada desde hace 12mil años. [Cambio Climático, 2006]

Es en función de esto que las ciencias naturales no pueden carecer de una base que explique los modos históricos de producción. Encontrar posibles soluciones a los problemas que afectan el futuro de la humanidad y de las formas de vida en general, sólo se puede hacer en la medida en que la descripción de la problemática sea adecuada. De la propia descripción del problema se derivan las posibles soluciones, de aquí la imperante necesidad de comprender de la manera más amplia posible las relaciones sociales que quedan encubiertas en el capitalismo y las leyes que rigen a la base material que es necesaria tanto para la

existencia de las formas de vida como para dar inicio a cualquier tipo de producción.³

En función de estas inquietudes y de la cuestionabilidad de las herramientas para la conservación de la base material que propone la economía dominante, se pretende demostrar las siguientes hipótesis:

1. El sistema económico es completamente dependiente de la base material, pero el análisis económico no lo reconoce en su totalidad. En función de esto, resulta imprescindible estudiarlo considerando las leyes que explican el comportamiento de la materia y la energía.
2. Partiendo de las condiciones que necesita conseguir el capitalista para mantenerse dentro del mercado y de los instrumentos que propone por medio del mercado para la conservación de la base material, se tiene que el sistema de producción capitalista y el sistema de precios de mercado capitalista es incompatible con la conservación de la naturaleza.

Para llegar a esto, considero fundamental comprender:

1. La concepción de la naturaleza.
2. El principio precautorio.
3. La dimensión física y las leyes que son imprescindibles para comprender el comportamiento de la naturaleza.
4. El contenido antropológico de conceptos físicos.
5. La base marxista para la comprensión del sistema económico, tomando como punto de partida el análisis de la mercancía y la contradicción entre valor de uso y valor.
6. Analizar la manera en que estos presionan y propician la destrucción de la base material.
7. Reflexionar críticamente los mecanismos que la economía convencional propone para conservar la base material.

³ El término base material se usará para referirse a la naturaleza, pero con un sentido más estrecho para referirse a los llamados recursos naturales.

8. Analizar la manera en que el sistema de precios de mercado presenta contradicciones internas y se presenta contradictorio con la preservación de la base material.

Estos ocho puntos se analizarán a lo largo del presente texto. En el primer capítulo, se estudian los elementos que considero necesarios para la comprensión de la naturaleza, de manera que sirva como base para estudiar las contradicciones entre el sistema de producción capitalista y la base material.

En el segundo capítulo, se presentarán conceptos físicos de importancia, como lo son las leyes de la termodinámica y el concepto de entropía, el cual tiene un papel crucial para comprender los desarrollos teóricos de Nicholas Georgescu-Roegen y sus implicaciones. La interpretación antropomórfica de este concepto está ligada a su relación para caracterizar valores de uso y la flecha del tiempo. Además, se hace una crítica a los esfuerzos de mecanización de la economía que se basan en la física de Newton, lo cual se lleva a cabo mostrando, a manera de divulgación algunos desarrollos importantes de la física moderna y la cosmología que han roto el paradigma newtoniano y, que a su vez dejan ver las limitaciones que tenemos para concebir la naturaleza como resultado de nuestra percepción sensorial. También se incluye la caracterización del principio precautorio y su justificación.

El capítulo tercero es fundamental para demostrar la segunda hipótesis, ya que hace una descripción y crítica al sistema de producción capitalista. De acuerdo con esto se evidencia que para que el capitalismo se perpetúe, es necesario expandir la materia - energía que transforma, provocando que aumenten los desechos perjudiciales y sin valor. Los principales elementos que provocan esto quedan aquí descritos. La línea de organización se basa en el estudio de los mecanismos para contrarrestar la caída de la tasa de ganancia y de las repercusiones que tienen sobre la naturaleza.

El capítulo cuarto se divide en dos secciones: en la primera, se hace la crítica al instrumento de la *Regla de Hotelling*, el cual es diseñado por la Economía

de los Recursos Naturales y propone que la conservación de la base material se haga mediante el mercado. En relación con esta se exhibe lo contradictorio de sus supuestos con sus resultados y su inaplicabilidad. La segunda sección deja manifiesto como el sistema de precios de mercado es inconsistente con su propia lógica y por tanto dista de ser congruente con la conservación de la base material. Para esto, se hace un estudio del carbón mediante series de tiempo y se presentan gráficas, esto ilustrará el caso de EEUU entre 1949 y 2005.

Capítulo I: La Naturaleza

La relación entre hombre y la naturaleza se puede comprender sólo considerando la interacción que surge entre ambos. Tanto los seres vivos modificamos la naturaleza, como la naturaleza modifica las posibles interacciones entre los seres vivos. La base de cualquier forma de vida y del sistema económico, se encuentra en la naturaleza y, a diferencia de lo que sucede con el resto de los seres vivos, la manera en que los seres humanos nos apropiamos de ésta es determinante en las posibilidades de acción del sistema económico.

Las estructuras productivas que se desarrollen, inciden en la transformación de la naturaleza y al mismo tiempo determinan el futuro de las formas de vida y de las condiciones de producción.

Desde el surgimiento de la economía y a raíz de los intentos de legitimar su carácter científico asociándola con la física de Newton, se ha propiciado explicar de una manera mecanicista el sistema económico. Sin embargo, el paradigma newtoniano ha sido superado gracias a los avances de la física moderna y ha cedido en la concepción mecanicista de la naturaleza, esforzándose por trascender los límites de la percepción de los seres humanos y reconociendo el papel de la incertidumbre y del caos.

Sin duda, estos avances no se trasladaron a la economía y en la actualidad, la mayor parte de los economistas siguen promoviendo cada vez con más fuerza el estudio del sistema económico por medio de modelos matemáticos, los cuales tienen la particularidad de omitir las relaciones sociales y simplificar el estudio de la economía a relaciones algebraicas.

En este texto no se descarta la posibilidad de que algunas relaciones algebraicas sirvan para ayudar a explicar ciertos fenómenos de la economía. Lo que se descarta son los esfuerzos de mecanización de la economía que no contribuyan a comprender de mejor manera el sistema económico y los que promuevan la sustitución del análisis de las relaciones sociales y de los procesos

históricos por un sistema de ecuaciones, independientemente de qué tan complicado se pueda presentar.

La equiparación de ideas de la economía a conceptos de la física de Newton se llevó a cabo sólo de manera parcial, ya que de lo contrario se tendría una serie de desarrollos de la economía que se pudieran equiparar a los de la física moderna, lo cual no ha sucedido.

También es importante reconocer que los objetos de estudio de la economía y la física son distintos. En la economía se estudian relaciones sociales y en la física los fenómenos intrínsecos a la naturaleza. Lo que imposibilita utilizar las mismas metodologías para su estudio.

La comprensión de las ciencias naturales no puede dejarse de lado para los economistas, ya que éstas proveen la explicación del funcionamiento de la base material a la que está sujeta el sistema económico y cualquier forma de vida.

En la actualidad, una manera de conocer la imagen común que se tiene sobre algún concepto o tema en particular, es revisar la Internet. Buscando imágenes con *google*, con la palabra naturaleza, se arrojan imágenes de una cascada, un atardecer en una playa virgen, una flor con pequeñas gotas de agua, un lobo aullando en la cima de una montaña, un volcán haciendo erupción en medio de una tormenta eléctrica, etc. Si se buscan imágenes con la palabra sociedad, aparece la imagen de manos estrechándose, de personas dándose la mano, un equipo de fútbol en un estadio, una fila de personas esperando un autobús, personas esperando cruzar la calle, una pirámide con la jerarquía de la sociedad feudal y algunos otros esquemas, todas estas imágenes dentro de un contexto urbano.

Dichas imágenes nos dan una idea de que la sociedad y la naturaleza son cosas separadas y esta separación que tenemos surge de pensar que la naturaleza es aquello que no ha sido modificado por el hombre. En este sentido, un edificio es ajeno a la naturaleza pues es creado por los hombres.

Sin embargo, no hay nada que el hombre pueda hacer en ausencia de la naturaleza. Lo único que son capaces de hacer los hombres es cambiar la forma de la naturaleza y, cada vez que la transforman, se están transformando a sí

mismos. Cuando vemos un producto *creado* por el hombre, podemos rastrear sus elementos constitutivos y sin duda llegaremos a los elementos que nosotros identificamos como naturales. Aún los productos que solemos llamar sintéticos provienen invariablemente de la naturaleza, su diferencia con otros productos es que incorporan una serie de procesos físicos y químicos que no surgen directamente de la naturaleza, sino que se logran con base en procesos diseñados por los hombres, los cuales se pueden lograr gracias al conocimiento y a la comprensión que se tiene sobre el funcionamiento de la naturaleza.

Entre los textos que se consultaron en la elaboración de esta tesis, pese a que algunos discuten diferentes concepciones históricas del concepto naturaleza, todos carecen de una definición precisa y adecuada para éste desarrollo. Más aún, no esta definición no figura en ningún diccionario de economía, ni general, ni de economía política. De acuerdo a el “Diccionario de la lengua española” en su edición 22 [Real academia española: 2001], la naturaleza define como el “conjunto, orden y disposición de todo lo que existe en el universo”. El problema en esta definición se encuentra en saber qué es el universo. De acuerdo a su propia definición, la acepción más cercana es *mundo*. De nuevo, la acepción de *mundo* en el mismo diccionario es el “conjunto de todas las cosas creadas”. Podríamos seguir investigando qué es creación, así como los conceptos que surjan posteriores y nunca acabaremos. También sería pertinente entender qué sentido tiene usar el término creación, ya que en principio hace referencia a un estado *original* de la materia y se puede ligar fuertemente con la concepción religiosa. Por tanto, para evitar estas complicaciones, simplemente diremos que la naturaleza es el *conjunto, orden y disposición de todo lo que existe*. Otra propuesta de definición que propongo y es operativa en términos de este desarrollo es: *el conjunto de toda la materia y la energía que existe*, esta definición admite cualquier estado en que se encuentren la materia y la energía.

Podemos distinguir dos estados de la naturaleza. En estado “natural” la naturaleza se encuentra en ausencia de cualquier transformación hecha por el hombre y la “naturaleza humanizada” es el estado que resulta después de que el

hombre la ha transformado.¹ En este sentido, tanto la tierra que se cultiva pertenece a la naturaleza humanizada como lo que existe en una ciudad, dado que de una u otra forma todo es producto de la naturaleza, la cual ha sido transformada por medio de otros productos y seres que también son naturales.

El hecho de que las formas corpóreas de los objetos se muestren tan lejanas a las que se presentan en la naturaleza en estado “natural”, nos lleva a creer que sus elementos constituyentes son creados por los hombres y no tienen sustento natural.

Todos los fenómenos del universo, sean productos de la mano del hombre o de las leyes universales de la física, no nos dan idea de real creación, sino únicamente de una modificación de la materia. Juntar y separar son los únicos elementos que el ingenio humano encuentra al analizar la idea de la reproducción”.

[Schmidt, 1976:85]

La separación del hombre y la naturaleza en su estado “natural” ha provocado el olvido de que el mismo hombre es parte de la naturaleza y que se conciba a sí mismo como el ser superior en la escala natural.

La respuesta que parece ingenua e hilarante cuando a un niño le preguntan de dónde viene la leche y responde: “de un supermercado”, es un reflejo de la separación que vivimos de la naturaleza en su estado “natural” y sin embargo, por ingenua que parezca esta respuesta, la mayoría de la gente de las ciudades no tiene idea de donde provienen los alimentos que consume, por ejemplo, ¿de dónde salen los piñones?, ¿de dónde vienen los jitomates y el maíz que comemos?, ¿qué estamos comiendo en una rebanada de jamón?, ¿de qué se alimentan los animales que comemos y en qué condiciones viven?, ¿qué fertilizantes y pesticidas se han utilizado en el cultivo de los alimentos?

Esta separación se hace cada vez más profunda y, al trasladarla al sistema económico, se llega a la conclusión de que la economía y la naturaleza están desconectadas. La economía voltea a ver a la naturaleza como una fuente de *recursos naturales*² los cuales se pueden obtener de manera ilimitada y de no ser

¹ A estos estados de la naturaleza se les llama también la primera y segunda naturaleza.

² El término *recurso natural* omite la posibilidad de asumir la riqueza material de la naturaleza fuera del sistema capitalista de producción, por tal razón, la expresión *recurso natural* la adopto cuando

así se pueden sustituir por *recursos creados* por el hombre. Sin embargo, es importante recordar que el hombre es tan sólo una parte de la naturaleza y vive gracias a ésta, es decir:

La naturaleza es su cuerpo, y debe mantener un diálogo continuo con ella, de lo contrario moriría. Decir que la vida mental y la vida física del hombre están vinculadas a la naturaleza simplemente significa que la naturaleza está vinculada a sí misma, puesto que el hombre es parte de la naturaleza. [Foster, 2004: 120]

La idea del hombre como un ser superior de la naturaleza fue la dominante hasta el siglo XIX. Está ligada a la concepción religiosa de la naturaleza, según la cual, el universo fue creado por Dios y para el hombre, la Tierra era el centro del Universo y las especies no eran producto de la evolución, sino que fueron creadas espontáneamente y de manera individual. [Foster, 2004: 34]

Aunque la visión del hombre como ser superior no ha desaparecido, desde que se superó la concepción religiosa de la naturaleza, se ha propiciado el entendimiento de que “no podía seguirse manteniendo la idea de que los seres humanos eran sin más seres dominantes. Lo que importaba era la índole de la interacción entre los seres humanos y el mundo material del que forman parte”. [Foster, 2004:35]

Desde la perspectiva de Foster, esta separación ha sido gracias al materialismo. A partir de éste “se desplazó la tierra del centro del universo, se descubrió que el tiempo y el espacio eran infinitos e incluso se mostró que los seres humanos tienen un antecesor común con los simios y que son una rama del mismo árbol evolutivo que éstos”. [Foster, 2004: 34]

Si bien el hombre no existiría sin la naturaleza, la naturaleza no sería la misma sin los efectos del hombre. Hay una relación de reciprocidad entre hombre y naturaleza, pero la relación de existencia sólo tiene un sentido.

En cualquier instante y en cualquier lugar, la naturaleza está determinada por los acontecimientos pasados, y el estado en que se encuentre a su vez, marca el punto de partida de diversos escenarios en el futuro. El presente es la síntesis de todos los acontecimientos pasados y, lo que se modifique en la

se encuentra en el contexto de la economía neoclásica y para no olvidar esto será escrita con cursivas.

naturaleza ahora, es un determinante del futuro de la misma y por tanto de la humanidad.

La naturaleza no se puede entender como un absoluto limitado que funja el papel de medio ambiente del hombre y de las especies vivas. La comprensión de la naturaleza incluye también la comprensión de los procesos que suceden en ésta, muchos de los cuales se explican mediante ciclos que se llevan a cabo en determinado tiempo y mediante los factores que intervienen en su transformación.

A pesar de que la naturaleza se transforma a sí misma con independencia de las acciones de los seres humanos, los seres humanos tienen una injerencia especial en tanto a su capacidad de transformación de la naturaleza. Tan es así, que las actividades de los hombres no están determinadas sólo por sus necesidades biológicas, ni la transformación de la naturaleza llevada a cabo por los hombres se limita a satisfacer estas necesidades, “la sociedad humana se distingue del resto de las comunidades bióticas por el hecho de que su articulación con el medio natural no está regida por las leyes biológicas que norman los procesos evolutivos”. [Leff, 1986: 29]

La totalidad de los seres vivos se apropia de una parte de la naturaleza suficiente para satisfacer sus necesidades biológicas,³ sin embargo, los hombres actuamos de manera diferente al resto de los seres vivos:

Mientras el animal, en su apropiación del mundo objetiva, está atado a las particularidades biológicas de su especie, y por ello a un determinado dominio de este mundo, caracteriza a la universalidad del hombre el hecho de que éste pueda, por lo menos potencialmente, apropiarse de la naturaleza entera. [Schmidt, 1976: 88]

La distinción de la que hablamos, en términos biológicos y ecológicos, desarrollada por Lotka en 1925 y que posteriormente retoma Georgescu-Roegen, se hace distinguiendo los órganos *endosomáticos* y *exosomáticos*. Los primeros son aquellos con los que nace un ser vivo (ojos, manos, piernas, etc.) y le ayudan a adaptarse a las condiciones vitales de su entorno. Es necesario esperar un largo período para que por medio de procesos evolutivos los órganos endosomáticos se modifiquen. La especie humana halla una manera de evolución más rápida por

³Incluso seres inanimados como los virus transforman la naturaleza para replicarse.

medio de la fabricación de órganos exosomáticos (o separables), gracias a los cuales logra vencer las restricciones biológicas propias. Es en este sentido que Georgescu-Roegen señala que “somos la única especie que en su evolución ha violado los límites biológicos”. [Carpintero, 2000:18-19]

La especie humana es la única que media su apropiación de la naturaleza a través de órganos externos a ella, los cuales se producen e intercambian en los mercados. Siguiendo esta misma línea de análisis es que Martínez Alier hace la distinción del consumo endosomático y uso exosomático de energía por los humanos, según la cual el consumo endosomático de energía obedece a instrucciones genéticas y el exosomático se refiere a la energía que utiliza un humano que no proviene de las instrucciones genéticas de su especie. [Martínez y Roca, 2006:22]

El consumo exosomático de energía es una característica que distingue a la especie humana de cualquier otra. Sólo la especie humana es capaz de transformar cantidades de energía para su satisfacción que se encuentran muy por encima de las que necesita su organismo.

Endosomáticamente, la cantidad de energía que empleamos los seres humanos varía muy poco de un humano a otro, independientemente de sus condiciones culturales y climáticas. Podemos acordar que el consumo endosomático promedio de un ser humano es de 2500 kcal. diarias, lo que significa 3.8 GJ anuales.⁴ Sin embargo, no podemos hablar de un consumo exosomático promedio, por ejemplo, el gasto individual de energía por automóvil en la ciudad de Los Ángeles se estima en 40 GJ anuales, mientras que en ciudades pequeñas el gasto estimado por el empleo del metro y autobús es de 4 GJ. Si la gente viaja a pie o en bicicleta, el consumo de energía está incluido en los 3.8 GJ anuales que se consumen en alimentos. [Martínez y Roca. 2006: 25]

Esta transformación de energía y la consecuente apropiación de la naturaleza por parte de los seres humanos, sólo se puede hacer bajo las leyes de la naturaleza y ninguna modificación puede surgir fuera del marco de sus propias

⁴ 1 Giga Joule (GJ) =239,005.7 KCal

leyes. El grado de conocimiento que tenga el hombre acerca del funcionamiento de la naturaleza será un factor que contribuya a determinar en qué medida el hombre la puede transformar. Lo que no puede suceder, es que el conocimiento de las leyes de la naturaleza le sirva para violarlas.

Todo lo que el hombre haga para transformar la naturaleza, lo hará gracias a las leyes de la naturaleza y sólo puede actuar dentro de ésta. Dichas leyes actúan de manera independiente a los deseos de los seres vivos y de las sociedades en general,

justamente porque la sustancia natural tiene leyes que le son propias, y no a pesar de ello, se pueden realizar fines humanos por medio de procesos naturales. Además los contenidos de estos mismos no solo son históricos- sociales, sino que también están condicionados por la estructura de la materia misma. [Schmidt, 1976: 71]

Hay una estrecha relación entre la comprensión de la naturaleza y de la historia humana, dado que las actividades de los hombres la transforman activamente y que ésta determina un marco sobre el cual los hombres pueden realizar sus actividades. La naturaleza condiciona la propia existencia del hombre y de sus formas históricas de reproducción, por lo que su comprensión no se puede hacer omitiendo la historia y viceversa.

Una comprensión profunda de la naturaleza implica el análisis de los procesos que la modifican, ya sea en su carácter “natural” que es estudiado por las ciencias naturales o en su carácter “social”. La humanidad con todas sus formas sociales no se puede comprender en ausencia de la relación de los hombres con la naturaleza y de las formas de apropiación que estos ejerzan para su propia reproducción, en sentido biológico y cultural.

La historia natural y la historia humana se ven como dos caras de un mismo proceso general; se modifican mutuamente y, en caso extremo, se determinan entre sí [...] Hay una interacción entre ambas, cada una es el contexto y el contenido de la otra. [O’connor. 2001: 44]

En este contexto, para poder comprender qué es el hombre, es importante definir la categoría de “ser natural”, gracias a la cual es posible indicar que antes de cualquier otra cosa, el hombre es un

ser material, corpóreo u objetivo, que participa en los atributos constitutivos de la naturaleza..., hecho que nos indica que la naturaleza no solo es una realidad que nos circunda, sino que también nos constituye... Si bien la categoría de “ser natural” no alcanza a definir lo propio del hombre (lo humano), si nos avisa de lo inútil que pudiera resultar una definición del hombre que no tomase en cuenta el momento de la relación hombre-naturaleza, es decir que redujera el hombre a mero ente antropológico (existencia, cultura, conciencia) [...] la existencia de cualquier ser natural y por tanto del hombre depende de que se mantengan las condiciones naturales a las que éste debe la vida... En cuanto el hombre es un “ser natural”... tiene que apropiarse de objetos externos materiales; integrar a la naturaleza como base o sistema material de sus necesidades... si la naturaleza no es lo otro del hombre, no cabe definir a este último al margen de su corporiedad. [Juanes, 1980:10]

Para referirse a la incapacidad del hombre de sustentarse fuera de la naturaleza o sin interactuar con ésta, es que Marx en los “Manuscritos Económicos y filosóficos de 1844” recurre a utilizar el término de “cuerpo orgánico” y “cuerpo inorgánico” del hombre [Foster, 200: 245, *apud*]. El “cuerpo orgánico” hace referencia a la corporeidad del hombre, el “cuerpo inorgánico” lo constituyen los elementos exteriores a éste (ya sea se encuentren en estado “natural” o “humanizado”) gracias a los cuales el hombre puede reproducirse.

Como podemos ver, los conceptos de “cuerpo orgánico” y “cuerpo inorgánico” que utiliza Marx son anteriores a los desarrollos de Lotka y se pueden relacionar con los órganos endosomáticos y exosomáticos que mencionamos anteriormente. Si bien el enfoque de Marx al referirse al cuerpo orgánico e inorgánico del hombre parece tener una fuerte carga antropocéntrica. Basta considerar las relaciones de las que parte al tratar la naturaleza, para comprender que hace hincapié en el cuerpo orgánico e inorgánico del hombre, ya que se presenta de una manera característica que no comparte con las demás especies y que son los elementos exteriores al cuerpo orgánico los que resultan decisivos para entender la apropiación de la naturaleza.

Desde este enfoque, Marx trata la naturaleza desde el punto de vista de que entra en la historia humana a través de la producción, volviéndose así una extensión del cuerpo humano, la mediación con la naturaleza por medio del

trabajo se da de manera directa usando herramientas, las cuales a su vez son productos de la transformación humana. [Foster, 2004:120]

La mediación entre el hombre y la naturaleza se da por medio del trabajo. Para Marx, “el trabajo es el metabolismo entre el hombre y la naturaleza” [2007 (1):223], el cual se presenta al hombre como un medio para satisfacer necesidades, las cuales están históricamente determinadas. La relación “hombre-naturaleza no es inmediatamente adecuada a la realización del primero, de ahí que necesite transformarla y adecuarla a su medida, que por lo demás está siempre en curso de constitución en tanto histórica”. El proceso de trabajo es una condición de existencia del hombre, la cual se presenta de manera independiente de las formas sociales, cuyo objetivo es permitir la conservación vital del hombre y hacer posible la reproducción del hombre de manera comunitaria, histórica y social. El proceso de trabajo reside en el origen de la relación hombre-naturaleza y de las relaciones entre hombres, constituye el marco de posibilidad de cualquier objetivación humana. [Juanes, 1980:12 y 16]

La producción en cualquier sistema social está mediada por el trabajo, el cual a su vez es el metabolismo entre la naturaleza y el hombre, e implica necesariamente una apropiación de la naturaleza por el hombre. Tal como lo dijo Marx en “Los Grundrisse”: “Toda producción –en toda forma de sociedad- es una apropiación de la naturaleza por parte del individuo dentro y a través de una forma de sociedad concreta”. [Citado por Foster, 2004:261]

Desde el momento en que los hombres producen sus propios medios de subsistencia, están mediando su propia relación histórica con la naturaleza, y la naturaleza adquiere un sentido práctico para los hombres [Foster, 2004:121]. La producción no solo produce el producto que será consumido, sino que al mismo tiempo produce la forma en que esto ha de ocurrir. “El hambre es hambre, pero el hambre que se satisface con carne cocida, comida con cuchillo y tenedor, es distinta de la que devora carne cruda con ayuda de las manos, uñas y dientes”. [Schmidt, 1980:91]

Todo proceso de trabajo tiene como punto de partida la separación inmediata de los elementos de la naturaleza de su conexión directa con ésta. Es

hasta que estos elementos se separan de su conexión inmediata con la naturaleza que se transforman en materias primas. Esta transformación se da por medio del trabajo, ya sea que se limite a separarlas de la naturaleza “natural” y llevarlas de un sitio a otro, o que se medie algún proceso de transformación física o química. Los objetos de trabajo que ocupa el hombre, generalmente están precedidos por un trabajo anterior y siempre están constituidos por elementos naturales. Un elemento de la naturaleza que el hombre se ha apropiado, puede ser una materia prima, un medio de trabajo o un producto, esto depende del lugar que ocupe en el proceso de trabajo. [Schmidt, 1980:80]

La manera en que se media el metabolismo entre el hombre y la naturaleza, determina las diversas formas económicas que se suceden históricamente [Schmidt, 1976: 87], las cuales a su vez se determinan según las formas productivas y las relaciones de propiedad. Por esta razón es que la metodología de investigación del materialismo histórico resulta ser adecuada para la comprensión de la problemática del medio ambiente. El ser materialista permite entender la naturaleza de manera objetiva, cuya existencia es independiente del ser humano, el cual mediante la praxis es capaz de transformarla, apropiándose de ésta como objeto, instrumento y producto del proceso laboral. La comprensión de las relaciones del hombre de manera histórica permite que la comprensión de la naturaleza no quede aislada de los efectos de sus propios constituyentes, y tampoco permite explicar las relaciones y el desarrollo de alguno de sus elementos en ausencia de ésta.

Más aún, tal perspectiva de la naturaleza se contrapone a la perspectiva de estudiar la vida y los organismos como si estuvieran en compartimientos aislados. Si bien, estudiar a los seres vivos de esta manera es de utilidad para conocer particularidades que poseen, es necesario ir más allá y considerar que los seres vivos no se limitan a adaptarse a su medio, sino que también lo transforman, provocando que se transformen a sí mismos.

Si bien, hay ejemplos donde la interacción del hombre transforma la naturaleza hasta volverla irreconocible sin el entendimiento de la actividad

humana, también hay ejemplos en que la naturaleza retoma sus propios causes imponiéndose a lo que el hombre desearía sucediera con ésta.

Los ecosistemas emergentes de los huertos de manzanas en la cuenca del río Pájaro (en el condado de Santa Cruz, California), son buenos ejemplos de la naturaleza que vuelve por sus fueros; las especies nativas expulsan a casi todas las introducidas creando así una “naturaleza original” [...] En Fall Creek (Felton, California) secuoyas, abetos Douglas, laureles, acebos y otras especies viven juntos de modos que resultan indescifrables sin una descripción de las formas de trabajo asalariado y de tecnologías inducidas en el área en el siglo XIX para explotar la madera y los depósitos de Cal cerca de la cuenca del Fall Creek. [O’connor, 2001: 22]

La capacidad de transformación de la naturaleza que ejerce el hombre es un elemento indispensable en este análisis. No podemos dejar de lado que la naturaleza tiene sus propios mecanismos que actúan sobre la totalidad de ésta y que el hombre no puede modificar.

Todas las sociedades tienen algún modo característico de organización del trabajo y de acuerdo a esta organización es que se dan ciertas relaciones con la naturaleza. Los derechos de propiedad también son característicos de cada sociedad particular, y estos a su vez determinan la forma en que está organizado el trabajo. Así la propiedad de la tierra en la edad media y la propiedad de los medios de producción en la era capitalista, hacen diferente al trabajo servil del trabajo asalariado.

La crítica al sistema económico que se presenta en esta tesis se centra en la fase del capitalismo industrial que se ha puesto en práctica a partir del descubrimiento e implementación de la máquina de vapor en el siglo XVIII. Como pudimos observar en la gráfica 1, a partir de esta época es que se marca una tendencia de crecimiento exponencial de la temperatura terrestre y de las concentraciones de CO₂, las cuales son causas determinantes de la problemática ecológica actual que vivimos.

A partir de ahora tenemos los elementos necesarios para comprender el papel de la naturaleza dentro del análisis económico y contamos con una base adecuada para ubicar al trabajo como el metabolismo mediador entre el hombre y la naturaleza. Gracias a éste y a los medios de trabajo es que tiene lugar la

apropiación de la naturaleza. Las formas de construir la segunda naturaleza están determinadas por condiciones históricas específicas y simultáneamente dejan determinadas las futuras formas de interacción.

El dilema entre concebir la naturaleza antropocéntricamente⁵ en contraposición a concebirla ecocéntricamente, se resuelve considerando que es una cuestión de coevolución [Foster, 2004: 8]. No es la evolución del hombre a costa de las demás especies, ni viceversa. De hecho, una de las situaciones que se denuncia en este texto es la de la apropiación de la naturaleza por una fracción de la población humana, a costa de las demás especies y del resto de los seres humanos.

Se ha hecho hincapié en que la transformación de la naturaleza es posible no pese a sus leyes, sino gracias a éstas. Estas leyes fundamentales a las que nos referimos se presentan en el siguiente capítulo. Además se argumenta en torno a la comprensión del “Principio Precautorio” y se hacen algunas consideraciones sobre la tecnología.

⁵ Para ejemplificar esto, el primer principio de la declaración de Río sobre medio ambiente y el desarrollo es: “Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza”. [Declaración de Río sobre el desarrollo sostenible, 2003]

Capítulo 2. La Física.

1.1. Incertidumbre y precaución.

Como se ha venido indicando, lo único que puede hacer el hombre con la naturaleza es transformarla usando sus propias leyes, las cuales actúan independientemente de los deseos de los demás seres vivos. Lo único que puede hacer el conocimiento que el hombre tenga de éstas, es que él mismo conozca de mejor manera cómo funcionan y bajo qué límites naturales nos encontramos inscritos los seres vivos.

Dado que los seres vivos como parte de la naturaleza actúan bajo sus leyes, resulta necesario transportar esto a cualquier formación social que resulte de sus interacciones. Sin más, es necesario reconocer que el sistema económico, no puede actuar fuera de lo que señalan las leyes naturales, condición inevitable aún incorporando avances científicos o tecnológicos.

El conocimiento que se tienen de las leyes de la naturaleza pese a que es muy amplio y se revoluciona constantemente, está en gran parte limitado a las experiencias sensibles de los hombres. Es hasta ya entrado el siglo XX que los estudiosos de la naturaleza abrieron la puerta a la comprensión de los fenómenos que escapan de la experiencia sensible de los hombres y trascendieron a estudiar el comportamiento de la naturaleza en escalas que no se imaginaban anteriormente. Antes de esto, algunos científicos notables como Galileo, logran escapar de concepciones del universo que trascendieron los sentidos y como bien se sabe esto pudo haber provocado que perdiera la vida.

Sólo fue hasta que la ciencia logró una autonomía de las ideas religiosas que se pudieron sostener algunas ideas que escapaban totalmente de nuestra limitación sensorial.

Claro ejemplo de esto se tiene cuando se descubre que la velocidad de la luz es finita y que un cuerpo al moverse a velocidades muy elevadas (por ejemplo $1/3$ de la velocidad de la luz) sufre un achatamiento. Un problema que aparenta ser sencillo y que sin embargo se responde con el argumento anterior es: dados

dos objetos, uno que se mueve a una velocidad uniforme muy alta y otro en reposo, si un observador se sitúa en uno de los dos objetos, ¿Cómo saber sobre qué cuerpo se encuentra, dado que si está sobre el cuerpo en movimiento observará al otro cuerpo moviéndose, y si está en reposo observará al otro cuerpo también en movimiento? Contestar esta pregunta sería imposible sin tomar en cuenta los desarrollos de Einstein sobre la relatividad. Con esta observación tenemos un claro ejemplo de que la longitud de un objeto o el tiempo en que acontece un suceso no son absolutos y que no necesariamente hay métodos directos de medición.

El popular principio de incertidumbre de Heisenberg afirma la imposibilidad de conocer la posición y la velocidad de una partícula al mismo tiempo, mientras mejor se conozca alguna, la otra se desconoce mayormente. Uno de los motivos de que esto suceda es debido a la observación. El simple hecho de observar un fenómeno, lo modifica. Otra conclusión que se puede extraer del principio de incertidumbre es que si se conoce el nivel de energía con cierto error e que tiene una partícula, no se puede conocer con precisión en qué momento sucedió. Es decir, hay una incertidumbre para conocer el tiempo y la energía que tiene una partícula, la cual aumenta a medida que se disminuya el error e .

Con esto podemos constatar que a un nivel microscópico, las teorías de la física clásica que explican el comportamiento de los cuerpos y de la energía funcionan sólo en ciertos límites al estudiar los cuerpos y cuándo la energía se presenta en escala muy pequeña o muy grande, esta teoría pierde validez.

Las teorías actuales que estudian el Universo, manejan la existencia de siete dimensiones espaciales del Universo y una temporal, de acuerdo a lo publicado por Andreas Karch y Lisa Randall en la revista *Physical Review Letters* en agosto del 2005. Además de esto, se afirma que existen realidades que constan de cinco, siete y nueve dimensiones. Nosotros vivimos en un mundo de tres. En un mundo de siete dimensiones sería imposible que existiese un sistema planetario tal y como lo conocemos. Este resultado se desprende de la teoría de “supercuerdas”, según la cual los objetos multidimensionales del Universo que se llaman “branas” se generan de acuerdo a ciertos patrones generando así estas

dimensiones. Para poder llegar a estos resultados, se ha revolucionado la forma de pensar de la física y se ha creado una inmensa cantidad de matemáticas (¡y supermatemáticas!).

Lo que han hecho Karch y Randall es utilizar las matemáticas para calcular cómo habría sido la formación del Universo inmediatamente antes y después del Big Bang, esa gran explosión cósmica que se cree dio origen a la vida, la materia y el pensamiento. Y descubrieron que la evolución del Universo responde a un patrón numérico para determinar las dimensiones que estructuran cada manifestación física. [Tendencias, 2005]

Comprobar una teoría como ésta probablemente sea imposible, ya que tendríamos que conocer en realidad qué sucedió unos instantes antes y unos después del Big-Bang, sin embargo, parece haber un consenso respecto a la concepción del Universo con más de tres dimensiones, las cuales según algunos, llegan a suponer hasta veintidós, las que se pueden reducir a once usando ciertos argumentos.

Los resultados de esta teoría son muy complicados de comprender, en términos formales, y son aún más complicados de comprobar. Lo que da una idea de la complejidad de la conformación y de las leyes de la naturaleza. Que los hombres crean que la han logrado comprender es sólo una ilusión, que, en gran parte, está basada en la comprensión de aquello que podemos comprobar de manera sensible.

Lo que nos deja claro esta revolución en las ideas de la física, es que es imposible seguir con el paradigma mecanicista de Newton, el cual es muy útil, pero limitado. Los fenómenos de la naturaleza no se pueden concebir de una manera absoluta como se solía creer. Con más razón carece de sentido querer estudiar los fenómenos sociales con la rigidez de la física del siglo XVII. Nuestra percepción de la naturaleza no es suficiente para entender sus fenómenos y nuestras limitaciones físicas son una limitante para su comprensión.

Esto mismo sucede con las relaciones de los hombres con la magnitud del tiempo. Cuando pensamos en el largo plazo, para un hombre se consideran veinte, treinta o hasta treinta años, para una nación, se pueden considerar cincuenta o hasta cien años, sin embargo, tomando en cuenta los tiempos

geológicos, el largo plazo puede durar millones de años. Nuestra vida en términos geológicos es tan limitada que no podemos comprender que los procesos de la naturaleza, como el de la evolución de las especies, puedan ser tan prolongados, tan sólo la especie del Homo-Sapiens se estima tiene 36 millones de años. Esta es una de las razones por las cuales la especie humana debe tener especial cuidado cuando tome decisiones para el futuro, ya que su concepción del tiempo y de la naturaleza está en gran medida limitado por su experiencia sensorial, y las decisiones que tome en el presente pueden afectar de una forma inesperada el futuro de las especies y del planeta.

Tan es así que la capacidad de producir trabajo usando vapor que Newcomen implementó por medio de la máquina de vapor y posteriormente modificó Watt (haciéndola más barata, más eficiente y más contaminante) ha sido determinante en el desarrollo de las fuerzas productivas, en la explotación de los trabajadores y en el deterioro del medio ambiente. Económicamente, la máquina de vapor es un éxito, ecológicamente es un fracaso. [O'connor, 2001: 25-26]

¿Qué hubiera hecho Watt si hubiera sabido esto? La respuesta a esta pregunta es de carácter ético. Si la ecología decidiera, la respuesta podría ser no darla a conocer, o utilizarla moderadamente para ciertas actividades. Si la decisión la toma el capitalismo, la respuesta ya la conocemos.

Medir a priori los riesgos y el impacto de una nueva tecnología en la sociedad y el medio ambiente, puede dar como resultado una estimación muy por debajo de lo que pueda suceder en realidad. De la misma forma que confiar la solución de los problemas que en gran parte nos aquejan al desarrollo tecnológico (muchos de los cuales están generados por la misma tecnología) es muy cuestionable. Si se justifica la utilización de tecnologías nocivas con la expectativa de que las futuras tecnologías puedan contrarrestar estos efectos, se pueden causar daños desastrosos, permanentes e irreversibles. ¿Porqué confiar a la tecnología los problemas del futuro, dado que no puede resolver los del presente? [Latouche, 2007:48]

Otro ejemplo de la limitación de conocer los efectos futuros de incorporar alguna nueva tecnología, lo podemos observar con la utilización del modelo fordista en la agricultura que inició en EEUU en los años cuarentas y posteriormente impuesto a los países en vías de desarrollo mediante en nombre de "Revolución Verde". Este modelo

junto con la apropiación privada del suelo y de la biodiversidad, la ingeniería genética, los fertilizantes y pesticidas hechos a base de petroquímicos, ha traído consigo desde la dependencia biológica de los países del Norte hacia el Sur, la pérdida de la diversidad biológica, la hegemonía agrícola de EEUU, numerosas plagas, la pauperización del sector agrícola, el éxodo de las comunidades rurales a las ciudades y la esterilidad del esperma masculino [Brand, 2005: 87], hasta la desertificación de la tierra.

De acuerdo al mensaje que dio el del Secretario General de la ONU en 2009:

La desertificación y la degradación del suelo afectan a un tercio de la superficie terrestre y ponen en peligro los medios de subsistencia, el bienestar y el desarrollo de unos 1.000 millones de personas. Ante los largos períodos de sequía, el hambre y la pobreza rampante, muchos sólo tienen una alternativa: el éxodo rural. Unos 24 millones de personas ya se han visto obligadas a migrar debido a factores ambientales, número que podría alcanzar los 200 millones en 2050[...]. En los últimos 40 años, casi un tercio de las tierras de cultivo del mundo han dejado de ser productivas y han sido abandonadas. Cerca de tres cuartas partes de las tierras de pastoreo presentan diversos indicios de desertificación. El cambio climático es una de las causas, pero no la única.

A partir de estas observaciones, es que se plantea como primera alternativa antes de proponer el uso de una nueva tecnología, considerar el “Principio Precautorio”, el cual de acuerdo a Medellín [1998:3] se basa en reconocer las siguientes evidencias:

1. Continuamente dañamos el ambiente como resultado de las actividades que desarrollamos y que están teniendo efectos muy graves en nuestras vidas y en la de todo el planeta que habitamos y nos sustenta.
2. Si bien el propósito de nuestra actividad no es causar este daño, nuestras actividades de hecho lo causan, sobre todo las de fabricación y aprovechamiento industrial de nuestros recursos;
3. Los factores de este deterioro no están, de hecho, bajo nuestro completo control como quisiéramos creer;
4. Ni siquiera conocemos todos los efectos importantes de este deterioro en el ambiente y la salud;
5. Finalmente y por lo tanto, más vale tomar un enfoque precautorio (preventivo y precavido) al desarrollo de nuestras actividades.

De otra forma como señala Luis Facciano [Citado por Caferrata, 2004], los elementos para caracterizar al principio precautorio son: la incertidumbre científica, la evaluación del riesgo de producción de un daño y el nivel de gravedad de un daño. Aunque Facciano pone especial atención en usar el principio precautorio cuando el daño sea grave e irreversible, considerar los tres elementos que señala resulta más adecuado. De otra forma como señala Luis Facciano [Citado por Caferrata, 2004], los elementos para caracterizar al principio precautorio son: la incertidumbre científica, la evaluación del riesgo de producción de un daño y el nivel de gravedad de un daño. Aunque Facciano pone especial atención en usar el principio precautorio cuando el daño sea grave e irreversible, considerar los tres elementos que señala resulta más adecuado.

De acuerdo a la declaración de Río [2003]:

El enfoque precautorio deberá ser ampliamente aplicado por los estados, de acuerdo a sus capacidades, para proteger el ambiente. Donde haya amenaza de daño serio o irreversible, la falta total de certeza científica no deberá ser usada como una razón para posponer medidas costo-efectivas para prevenir la degradación ambiental.

Sin embargo, esto es muy distinto a la práctica común:

Hoy los generadores de tecnología y productos usan el Principio Temerario: si algo deja buenas utilidades y te da la ventaja en el dominio del mercado, hazlo aunque no conozca bien sus implicaciones en la salud de las personas y el ambiente. [Medellí, 1998:1]

Un fenómeno más que se observa en la actualidad, el cual no era previsto por los científicos es el de la feminización de los peces, lo cual es una amenaza que los pone en extinción. De acuerdo a los estudios de los Investigadores del Ministerio de Pesca canadiense y de la agencia estadounidense para la Protección del Medio Ambiente publicado en 2007:

La liberación de pequeñas cantidades de estrógeno, hormona sexual femenina, en corrientes de agua "feminiza" a los peces macho y podría

comprometer la supervivencia de poblaciones de peces salvajes... El estrógeno sintético en esas aguas usadas proviene casi en su totalidad de los residuos de píldoras anticonceptivas. Los pequeños peces macho observados, peces de cabeza grande (*Pimephales promelas*), especie de ratas de laboratorio para los experimentos lacustres, produjeron un esperma menos fértil, proteínas de huevos y en algunos casos se encontraron huevecillos en sus testículos, constataron los investigadores. Estos efectos también fueron observados en grandes peces que se alimentan de los "peces de cabeza grande" [Feminización amenaza con extinguir peces, 2007].

Difícilmente alguno de los científicos que participaron en la elaboración de la píldora anticonceptiva o de las usuarias que las han consumido, llegaron a pensar que su uso fuera capaz de poner en peligro de extinción a los peces. Para descubrir este fenómeno tuvieron que pasar cerca de 40 de años. A esta incertidumbre para evaluar daños y el nivel de gravedad de estos es a lo que se refiere el principio precautorio.

Los aspectos más importantes del principio precautorio, de acuerdo al "Enunciado de Wingspread" [citado por Medellín, 1998:4-5], son:

1. Las personas tienen el deber de actuar en forma anticipatoria para prevenir daños;
2. La responsabilidad de la prueba de inocuidad de una nueva tecnología, proceso, actividad, o sustancia química es del proponente, no del público en general.
3. Antes de usar una nueva tecnología, proceso, o sustancia química, o antes de empezar una nueva actividad, las personas tienen la obligación de examinar "una gama completa de alternativas" incluyendo la alternativa de no hacer nada.
4. Las decisiones que apliquen el principio precautorio deben ser "abiertas, informadas y democráticas" y deben incluir a las partes afectadas".

1.2. Termodinámica, irreversibilidad y eficiencia.

En la actualidad hay principios de la física que se basan en la comprensión de fenómenos aleatorios y probabilísticos.

Para poder comprender esto, comencemos presentando las leyes o principios de la termodinámica. El primero es llamado *la ley cero* y nos indica que si dos cuerpos se encuentran a la misma temperatura que un tercero, entonces los dos cuerpos también están a la misma temperatura. Cualesquiera dos cuerpos que se pongan en contacto, irremediablemente llegarán a igualar sus temperaturas, a esto se le llama equilibrio térmico. A cada estado del equilibrio que presenten dos cuerpos en contacto, se les puede asociar un número el cual representa su temperatura. Con este principio es como se construyen los termómetros, se fijan dos estados de equilibrio térmico y a partir de estos se hace una escala de medición.

En términos formales, el calor y la temperatura son cosas distintas. El calor es una medida de la energía con la que se mueven las partículas que forman un cuerpo, un gas, un líquido, etc. Un cuerpo es más caliente que otro cuando sus partículas se mueven con mayor velocidad en relación al otro cuerpo.

El hecho de que el calor vaya de un cuerpo caliente a uno frío se debe a que las partículas que están en movimiento en el cuerpo caliente provocan que las partículas del cuerpo que tiene menos calor se muevan a una mayor velocidad, lo cual se logra debido a que las partículas que chocan transfieren su energía a las partículas que reciben el impacto.

La primera ley de la termodinámica explica cómo funciona una máquina térmica. Dicho principio nos dice que la energía calorífica se puede convertir en energía mecánica gracias a que existen dos focos de temperatura, el frío y el caliente. La manera de medir la eficiencia de una máquina térmica es haciendo el cociente de la diferencia de calor entre la temperatura del foco frío, es decir, la temperatura más baja. Lo que esto quiere decir es que mientras sea mayor la diferencia de temperatura entre el foco frío y el caliente, más energía calorífica se puede convertir íntegramente en trabajo. Esto explica que para realizar trabajo no es suficiente que un cuerpo tenga energía calorífica. El típico ejemplo es que la inmensa cantidad de energía calorífica que hay en el mar no puede ser usada por

un barco que se encuentre flotando en éste. Lo que se necesita para que un barco se mueva es que haya una diferencia de temperaturas, de las cuales un motor de vapor o el viento son buen ejemplo.

Esta ley también nos habla de la imposibilidad de que una máquina térmica transforme todo el calor en trabajo, es decir, nos dice que siempre la cantidad de energía que se convierte en trabajo es menor que la cantidad de trabajo resultante y la parte de energía que no se convirtió en trabajo se convierte en alguna otra forma de energía. Este hecho se puede entender sólo a raíz de comprender que la energía del calor y del trabajo son equivalentes, y que el calor y el trabajo sólo son distintas formas de manifestarse.

Dicho de otra forma, la primera ley de la termodinámica, es tan sólo la bien conocida ley de la conservación de la materia y la energía: *la materia y la energía no se crean ni se destruyen, sólo se transforman*. Reconociendo esta ley, carece formalmente de sentido hablar del consumo de energía, de lo que se debe hablar es de transformación de energía.

Un automóvil es un ejemplo de máquina térmica que funciona transformando la energía contenida en la gasolina por medio del motor que forma un ciclo, que da como resultado un trabajo mecánico. Al tocar el cofre de un automóvil que estuvo en movimiento, podemos sentir que está caliente. Este calor es una manifestación de la energía que no se pudo convertir en trabajo y que se convirtió en calor.

Dado que gran cantidad de máquinas térmicas tienen el foco frío dentro en su interior, su foco caliente estará en la atmósfera. Éste es uno de los motivos del calentamiento global. Todas las máquinas que transforman energía en trabajo, inevitablemente desprenden energía calorífica a la atmósfera, la cual debido al efecto invernadero, no puede escapar hacia el espacio, provocando así un aumento en la temperatura global.

El principio de la refrigeración es el mismo que el de una máquina térmica, sólo que los focos fríos y los calientes están invertidos. El foco caliente del refrigerador se encuentra en el ambiente y el frío dentro de la máquina.

Hay procesos que estudia la termodinámica que no están prohibidos por ninguna de ley física, simplemente sucede que la probabilidad de que estos sucedan es nula.

Para ejemplificarlo, pensemos en un gas que está contenido en un recipiente con un pistón (por ejemplo una jeringa). El recipiente no permite el intercambio de calor del gas con los alrededores y el proceso se hace a una temperatura constante. Al jalar el pistón el gas se expandirá (digamos que duplicará el volumen del recipiente) y las moléculas que contiene se distribuirán en todo el recipiente. Esto es lo más probable. El que las moléculas se reacomoden sólo en el espacio donde estaban antes de que se jalara el pistón, es muy poco probable pero no imposible.

Si pensamos que el gas tiene sólo una partícula, la probabilidad de que ésta se encuentre en el espacio donde estaba anteriormente es de 0.5, es decir del 50%, si hay dos partículas la probabilidad es de la mitad, o sea del 25%, si hay cuatro partículas la probabilidad es del 12.5%. Como podemos ver, mientras haya más partículas, más difícil es que suceda que todas las partículas se encuentren en el espacio inicial. Para diez moléculas la probabilidad es de $1/1024$. Si se observara cada segundo el recipiente, cada 17 minutos se observaría que todas las moléculas estuvieran del mismo lado del recipiente. La probabilidad que se tendría para 50 moléculas es cercana a 10^{-15} y para que se observara que todas las moléculas están en el mismo lado del recipiente, sería necesario esperar 36 millones de años. [Tipler, 1995:583]. Habría que esperar más de la mitad de tiempo que tiene existiendo el Homo-Sapiens para que cincuenta moléculas ocuparan de nuevo sólo la mitad del recipiente.

La cantidad de partículas que tiene una sustancia, independientemente de cuál se trate, se llama número de avogadro y corresponde a 6.02×10^{23} (o sea 602,000,000,000,000,000,000,000) partículas. Esto implica que la probabilidad de que todas estas partículas se encuentren en la mitad del recipiente es prácticamente cero. ¿Qué tiempo tendría que pasar para que se revirtiera la expansión de un mol de gas? Más de la edad del Universo.

En este sentido es que lo improbable se torna imposible y sin embargo, empujar de nuevo el pistón a modo de que se comprima de nuevo a la mitad, es muy sencillo de hacer, sólo falta aplicar una cantidad suficiente de energía mecánica sobre éste. Lo que nos dice esto es que algunos procesos se pueden revertir de manera sencilla sólo si se aplica una fuerza externa. Sin aplicarla esto es prácticamente imposible.

Transformar la energía mecánica del rozamiento de las manos en calor es sencillo, pero transformar el calor que surgió del rozamiento es prácticamente imposible. Cuando una gota de tinta se disuelve en un recipiente con agua, sucede que en períodos pequeños de tiempo es imperceptible la diferencia entre dos períodos sucesivos, pero al pasar un período largo de tiempo es que se puede notar que la gota se ha disuelto. A este fenómeno se le llama equilibrio cuasiestático, y se refiere a que el sistema termodinámico se transforma de un estado de equilibrio en otro estado en equilibrio. El proceso contrario, es decir, el proceso de tener una gota disuelta en el agua y que ésta se junte para formar de nuevo la gota, es de los que se consideran prácticamente imposibles. Esta es una característica de los procesos irreversibles.

La parte de la física que se encarga de estudiar estos procesos, así como el calor, la temperatura, el volumen y la presión de manera macroscópica de los sistemas físicos es la termodinámica. Ésta es una de las ramas de la física que hasta ahora sigue sin entrar en contradicción con las ramas modernas de la física, aunque no se descarta que al estudiar sistemas muy pequeños sea necesario hacer una serie de consideraciones actualmente no tomadas en cuenta. Esta rama surgió para explicar teóricamente el funcionamiento de la máquina de vapor y así aumentar su eficiencia.

Uno de los resultados que arroja esta teoría es que las máquinas térmicas tienen un límite en su eficiencia, el cual está fijado por las diferencias de temperatura de los focos frío y caliente de las máquinas y es independiente del diseño de dicha máquina. Esto no implica que dos máquinas térmicas que trabajen con las mismas temperaturas en sus focos tengan la misma eficiencia, solo indica que hay una eficiencia máxima.

Una conclusión que Georgescu-Roegen obtuvo de esta observación, es que *existen límites fijos a la innovación tecnológica, colocados allí por las leyes fundamentales de la naturaleza* [Ehrlich, P. Ehrlich, A. y Holdren 1989:59]. El crecimiento de la tecnología tiene límites,

lo que ha demostrado lamentablemente -Sadi Carnot- es que la máquina más eficiente, la máquina perfecta (aquella en que la proporción del trabajo útil obtenido y el flujo total de energía incorporado es igual a uno), no existe... No solo son finitos los recursos accesibles –escribe Georgescu Roegen- sino que también la ley de la entropía fija un límite definido a la eficiencia que puede alcanzar el progreso tecnológico. La tecnología más avanzada no puede obtener de un pedazo de carbón más trabajo que la energía libre contenida en él y, en verdad, ni siquiera eso. [Carpintero, 2000:25]

La termodinámica estudia procesos macroscópicos que suceden en estado de equilibrio y equilibrio cuasi estático. Cuando los procesos se salen del equilibrio, se vuelven impredecibles y caóticos. Dichos estados fueron estudiados por el químico Ilya Prigogine bajo el nombre de *estructuras disipativas* y fueron un valioso antecedente para la teoría del caos.

La segunda ley de la termodinámica también llamada ley de la entropía formulada por Clausius, nos dice que los procesos tienden a suceder en un sólo sentido, es decir que nos habla de la irreversibilidad. El proceso de jalar el pistón con las condiciones que mencionamos se llama expansión adiabática y el proceso de que las partículas se acomoden en el volumen que se tenía al inicio, se llama compresión adiabática. Esto es, el proceso opuesto a la expansión es la compresión, que esto suceda de manera espontánea está en el límite de lo imposible.

Hay una gran cantidad de procesos que son imposibles de revertir, por ejemplo, si presionamos la válvula de un atomizador, ¿cómo hacemos que las partículas que fueron rociadas regresen de nuevo a la válvula?, ¿cómo recuperar la energía que se perdió por el rozamiento de las llantas de un auto al hacerlo andar?, ¿cómo llevar la fotosíntesis en sentido contrario?, ¿cómo hacer que lo viejo rejuvenezca? Con estas preguntas queda más claro que esta segunda ley de la termodinámica está marcando la dirección de los sucesos, es decir, la flecha del tiempo.

Al transformar diversas fuentes de energía en trabajo, siempre resulta una cantidad de energía que no se puede convertir íntegramente en trabajo, la cual se llama energía de desecho. La energía que se puede transformar en trabajo, es llamada energía libre o útil. Por ejemplo, si se deja caer un ladrillo a cierta altura del piso, la energía potencial que pudo servir para mover una polea y así realizar un trabajo no puede ser utilizada una vez que el ladrillo cayó al piso. Esto implica que la energía libre del ladrillo se transformó en energía de desecho.

Con base en esto, tenemos que en realidad lo que “se consume cuando usamos energía no es la energía misma, sino su disponibilidad”. [Ehrlich, P. Ehrlich, A. y Holdren 1989:57]

El término *entropía* se usa en la física para distinguir estos dos tipos de energía. La energía de desecho que surge en el trabajo mecánico nos habla de que la energía se degrada, pasando de ser energía útil a energía de desecho. En términos físicos se dice que el proceso generó entropía.

La entropía también se considera como una medida del grado de orden (desorden) de las moléculas de un cuerpo. La relación con lo que sucede en términos de las partículas de los cuerpos (microscópicamente) la estudia la física estadística y es compatible con el estudio macroscópico que brinda la termodinámica. Por tal razón, hay términos de la termodinámica que están dados en términos de partículas y de interacciones entre éstas.

Las moléculas de la gasolina que se quema durante el ciclo de Otto para generar energía mecánica, se dice que estaban altamente ordenadas, mientras que las moléculas que se desprenden en la fricción son menos ordenadas, por tal razón, se dice que el proceso generó entropía.

Lo que nos dice el enunciado de la segunda ley de la termodinámica es que para un sistema cerrado -permite intercambio de energía con sus alrededores- en cualquier proceso termodinámico, la energía del Universo nunca disminuye. Y si el proceso es irreversible, se tiene que la energía del universo siempre aumenta. Es decir, en el mejor de los casos que corresponde a un proceso reversible, tenemos que la entropía no puede disminuir. “En términos de la entropía, el costo de

cualquier actividad biológica o económica es siempre mayor que el producto. En este sentido. Cualquier actividad de esa clase conduce necesariamente a un déficit”. [Georgescu-Roegen 1989:66]

Una manera común de referirse a las leyes de la termodinámica es diciendo que “no puedes ganar (ya que no puedes obtener más energía de un sistema de la que le suministraste), no puedes empatar (ya que no puedes obtener toda la energía que suministraste) y tampoco puedes salirte del juego (la entropía del universo siempre está aumentando)”. [Hewitt, Paul. 2004]

El término entropía ha causado muchas confusiones y si no se considera correctamente el Universo completo, se llega a concluir que la entropía disminuye, violando con esto la segunda ley de la termodinámica. Por ejemplo, el proceso de compresión del gas que tratamos en un caso anterior, si se considera sólo lo que hay en el interior del pistón se puede concluir que la entropía disminuye, pero al considerar el trabajo mecánico que se ejerce para comprimir el gas, el resultado inevitable es un aumento de entropía.

Se ha planteado que la evolución de las especies, viola la segunda ley de la termodinámica, dado que implica ir de estados menos ordenados a estados más ordenados. Sin embargo, la conclusión de que la entropía nunca decrece es inevitable al considerar todas las formas de energía que actúan, considerando dentro de los alrededores del sistema al sol y tomando en cuenta la entropía que genera la transferencia de energía solar a cualquier otra forma de energía.

La entropía de un objeto puede decrecer, pero sólo a causa de generar una mayor entropía en sus alrededores. Éste es uno de los motivos por los cuales el reciclaje de materiales no se puede hacer sin generar en su camino una serie de transformaciones en la calidad de energía y un aumento en la entropía. No es que se considere negativo el reciclaje de materiales, solamente se subraya el hecho de que el reciclaje se puede dar sólo de manera parcial y que requiere de un insumo energético importante.

Si bien un material se puede reciclar sólo generando una mayor entropía, el reciclaje de la energía es imposible. De no ser así se podría quemar más de una vez un trozo de carbón generando energía en cada ocasión que se quemara.

La creencia de la posibilidad de un reciclaje al 100% y que la materia y la energía disipada puedan recuperarse de nuevo es lo que Georgescu-Roegen llama “el dogma energético” [Carpintero, 2000:15]. La energía que se ha degradado de energía libre a energía de desecho no tiene marcha atrás y en virtud de la primera ley la energía se conserva. Por tanto, debemos estar atentos no sólo a la cantidad de energía, sino también a la calidad.

El término entropía ha causado muchas confusiones y si no se considera correctamente el universo completo, se llega a concluir que la entropía disminuye, violando con esto la 2da ley de la termodinámica. Por ejemplo, el proceso de compresión del gas que tratamos en un ejemplo anterior, si se considera solo que hay en el interior del pistón se puede concluir que la entropía disminuye, pero al considerar el trabajo mecánico que se ejerce para comprimir el gas, el resultado inevitable es un aumento de entropía.

La evolución de las especies, dado que implica ir de estados menos ordenados a estados más ordenados, se ha planteado que viola la segunda ley de la termodinámica. Sin embargo al considerar todas las formas de energía que actúan, considerando dentro de los alrededores del sistema al Sol y tomando en cuenta la entropía que genera la transferencia de energía solar a cualquier otra forma de energía, es inevitable la conclusión de que la entropía nunca decrece.

La entropía de un objeto puede decrecer, pero solo a causa de generar una mayor entropía en sus alrededores. Este es uno de los motivos por el cual el reciclaje de materiales no se puede hacer sin generar en su camino una serie de transformaciones en la calidad de energía y un aumento en la entropía. No es que se considere negativo el reciclaje de materiales, solamente se subraya el hecho de que el reciclaje solo se puede dar de manera parcial, y que requiere de un insumo energético importante.

Si bien un material se puede reciclar solo generando una mayor entropía, el reciclaje de la energía es imposible, de no ser así se podría quemar más de una vez un trozo de carbón generando energía en cada ocasión que se quemara.

La creencia en la posibilidad de un reciclaje al 100% y que la materia y la energía disipada pueden recuperarse de nuevo es lo que Georgescu-Roegen

llama *el dogma energético* [Carpintero, 2000:15]. La energía que se ha degradado de energía libre a energía de desecho no tiene marcha atrás y en virtud de la primera ley la energía se conserva. Por tanto, debemos estar atentos no solo a la cantidad de energía, sino también a la calidad.

La importancia de la calidad de energía que es de particular interés para el estudio de la economía, también ha sido señalada desde la física:

La crisis que afrontamos hoy no existe debido a que consumamos energía. La cantidad total de energía en el universo es probablemente constante. La crisis existe porque disipamos energía convirtiendo formas concentradas de energía en energía térmica inútil, no convertible. Nunca podemos recuperarla; en este momento, el proceso en nuestro universo es irreversible –así habló Sadi- La inevitable y continuada disminución de la energía disponible es otra manifestación de la segunda ley. [Hecht, 1987:232]

1.3. Entropía y economía.

La supervivencia de los seres vivos está ligada al consumo de energía altamente ordenada, los elementos de los que se sirve el cuerpo orgánico y de los que constituyen su cuerpo inorgánico son de baja entropía. Es por esto que Georgescu-Roegen apunta a la baja entropía como condición necesaria para un bien.

En términos marxistas lo que se diría es que la baja entropía es condición necesaria para un valor de uso. Todos los valores de uso, sin importar su naturaleza, su forma o la cantidad de trabajo objetivado que contengan tienen una característica en común: la baja entropía.

Si bien, la baja entropía es una condición necesaria para un valor de uso, no es una condición suficiente. Como lo indica Georgescu Roegen, los hongos venenosos tienen baja entropía y sin embargo no representan un valor de uso [Altvater, 1993:193]. Un automóvil que se descompone sigue siendo una estructura altamente ordenada, sin embargo al no servir para satisfacer alguna necesidad deja de ser un valor de uso.

El término “bien” o “valor de uso” se emplea en el lenguaje económico y que sólo puede ser entendido considerando las relaciones sociales, las cuales están determinadas por las condiciones históricas. En virtud de esto es que para que los conceptos de la física- indispensables pero no suficientes para comprender la naturaleza- se puedan incorporar al estudio de la economía es que es importante darles un significado antropológico, ya que si carecen de este carácter no podemos trascender del plano meramente físico al plano social.

Desde esta perspectiva es que podemos entender que Georgescu-Roegen se pregunte ¿qué es lo que hace el proceso económico en términos energéticos? Y su respuesta sea que

lo único que puede hacer el proceso económico es transformar materia y energía de un estado altamente ordenado a energía en desecho en vista de que la energía y los materiales no se pueden crear ni destruir, lo que entra en forma de factores productivos tiene que salir forzosamente como mercancías y residuos, pero no puede desaparecer. [Georgescu Roegen, 1989]

Es importante notar que todos los procesos que llevamos a cabo los seres vivos irremediablemente generan una cantidad de energía de desecho y un aumento en la entropía. Sin embargo, la cantidad de materia y energía que se degrade y de entropía que se genere está afectado asombrosamente por el uso de energía exosomática del hombre y dado que somos la única especie que tenemos conciencia de esto debemos ser muy cuidadosos con la cantidad de energía que transformamos y para que la utilizamos.

La Tierra vista como sistema termodinámico, es un sistema cerrado, ya que permite el intercambio de energía, pero no de materia⁹. En este sentido es que se señala que los materiales de los que se puede apropiar el hombre sean finitos. Cuando se dice que el planeta es finito, a esto nos referimos.

Como señala Georgescu-Roegen, en la tierra tenemos dos fuentes de energía libre, una que proviene de un *acervo*, de la energía libre de los depósitos de minerales que se encuentran en el suelo y subsuelo de la tierra. La segunda fuente es un *flujo*, que se compone por las radiaciones solares interceptadas por la tierra. Estas dos fuentes son asimétricas cuantitativamente, ya que el flujo de

⁹ El intercambio de materia, si bien no es imposible, se puede considerar despreciable.

radiación solar durará otros 5000 millones de años y la totalidad del acervo terrestre podría producir unos cuantos días de radiación solar. El hombre solo domina una fracción de dotación terrestre de energía, la cual podría usar en un solo día, pero no tiene control del flujo de radiación solar y no puede usar el flujo de mañana. “Solo la tierra nos proporciona los materiales de baja entropía con que elaboramos nuestros utensilios importantes, por otro lado, la radiación solar es la fuente primaria de toda vida sobre la Tierra, que comienza con la fotosíntesis de clorofila”. [Georgescu Roegen, 1989:69]

La disponibilidad de materiales de baja entropía y la disponibilidad de energía libre son esenciales para la existencia humana, así que hay que ser precavidos en su utilización a modo de dejar un acervo importante a las futuras generaciones. Por otra parte, todas las formas de vida necesitan un medio ambiente adecuado para realizar sus funciones biológicas, así que moderar el uso de materia y energía es importante para la conservación del hábitat, ya que impide una menor generación de residuos materiales, algunos de los cuales resultan nocivos.

Los residuos materiales pueden resultar nocivos debido a la separación de los hombres del ambiente natural, lo que impide que los elementos que podrían servir para nutrir el suelo se vuelvan un problema. También se debe a la incorporación de materiales del subsuelo, como el petróleo que se utiliza para hacer fertilizantes hasta el que se utiliza para combustible, pasando por todos los materiales que se producen con este. El problema se agrava con el volumen y la velocidad con la que se producen los residuos.

“El incremento entrópico está determinado por los modos sociales de vida y trabajo así como por las soluciones a los problemas técnicos” [Altvater, 2003:21], los cuales sabemos tienen un límite de eficiencia. Una limitación en el aumento de entropía se debe sobre todo al modelo con el que se maneja la sociedad.

Cuando la agricultura se mecaniza para aumentar la su productividad, se provoca que se sustituya el insumo de baja entropía solar por el terrestre, ya que extiende la proporción de la tierra que se destina a la producción agrícola, se emplean insumos que dependen de los acervos de la tierra y se sustituye la fuerza

motriz del hombre y los animales por la de las máquinas, las cuales requieren del acervo de energía útil de la tierra tanto para su fabricación como para los energéticos que utilizan.

A largo plazo, la mecanización de la agricultura es una solución antieconómica y provoca que la existencia del hombre dependa crecientemente de la fuente de baja entropía que se dispone en cantidad menor. El problema de dar uso económico al acervo terrestre de baja entropía no se limita a la mecanización de la agricultura, sino que tiene el problema se encuentra en el destino de la especie humana.

Digamos que S denota el actual acervo de baja entropía terrestre y que r denota un promedio anual de agotamiento. Si hacemos abstracción (aquí se puede hacer sin peligro) de la lenta degradación de S , el máximo teórico de años que transcurrirá hasta completar el agotamiento de este ese acervo es S/r . Este número también representa los años que tendrían que pasar para que la fase industrial de la evolución humana tenga su fin... es indiscutible que, aún con una utilización frugal de S , la etapa industrial de la evolución del hombre terminará mucho antes de que el sol deje de brillar...cuanto más elevado sea el grado de desarrollo económico, tanto mayor será el agotamiento anual r y tanto menor la esperanza de vida de la especie humana... Los resultados son evidentes. Cada vez que producimos un Cadillac destruimos de modo irrevocable una cantidad de baja entropía que de otra manera se podría utilizar para producir una pala y un arado. En otras palabras, cada vez que producimos un Cadillac lo hacemos a costa de reducir el número de vidas humanas futuras. El desarrollo económico basado en la abundancia industrial puede ser ahora una bendición para nosotros y para quienes lo puedan disfrutar en un futuro cercano, pero definitivamente atenta a los intereses de la humanidad como especie... En esta paradoja del desarrollo económico podemos vislumbrar el precio que el hombre tiene que pagar por el singular privilegio de rebasar los límites biológicos en su lucha por la vida. [Georgescu Roegen.1989:70-71]

En síntesis, la posibilidad de que existan futuras formas de vida está fuertemente vinculada con las decisiones que tomemos en relación a nuestras formas de apropiación actuales hacia la naturaleza. Nuestro comportamiento hoy puede determinar el futuro de miles de especies, incluyendo a la nuestra.

En la actualidad el cambio climático ha cobrado miles de vidas humanas y enormes pérdidas económicas. No solo el futuro está amenazado por nuestro

sistema económico, sino que también eventos pasados se pueden comprender como producto de la devastación del hombre al medio ambiente.

En este sentido es necesario abandonar el lema keynesiano de que “en el largo plazo todos estamos muertos” y dirigir el sistema económico en aras de la conservación del medio ambiente, atendiendo a expectativas que sobrepasen los *tiempos humanos*.

Las leyes de la termodinámica nos dejan ver que nuestro planeta no es infinito y que no podemos suponer transformar materia y energía libre sin límite alguno, cada vez que esto sucede, se generan residuos materiales y energéticos, lo cual es inevitable, pero la cantidad de éstos está en relación directa con las actividades humanas.

Si bien, la restricción entrópica es insustancial para lo que dura una vida humana, en tiempos geológicos sí puede ser una restricción para el futuro de las especies.

A priori no podemos saber exactamente la magnitud de la devastación ambiental, ni hasta qué momento llegará a su límite. Tampoco sabemos hasta qué punto está en peligro la especie humana, ni conocemos la totalidad de mecanismos con que puede actuar la naturaleza. Debemos regirnos por el principio precautorio y detener el deterioro ambiental, producto del modelo productivo impuesto y globalizado por el sistema capitalista, el cual si bien beneficia a un bajo porcentaje de la población mundial, pone en peligro a todas las formas de vida, sin importar que en algún momento hayan gozado de los “beneficios” que brinda el sistema económico.

Otro hecho de cuidado es que la manipulación genética de las especies como los microorganismos que se alimentan de desechos tóxicos y plantas que limpian el suelo contaminado con plomo y otros metales, generan severas dudas sobre los impactos que puede tener en un futuro. Dicha manipulación está justificada a favor del medio ambiente, pero bien podría ser un arma biológica. En relación a esto, James O’connor [2004:32] nos dice que

el capital no se limita a apropiarse de la naturaleza, para convertirla en mercancías que funcionan como elementos del capital...Se trata más bien de un mundo en el que el capital rehace a la naturaleza y a sus productos, biológica y físicamente (y

política e ideológicamente) a su propia imagen y semejanza. Una naturaleza precapitalista o semi-capitalista es transformada en una naturaleza específicamente capitalista...Visto de esta manera, en algún momento del futuro la naturaleza se tornará irreconocible como tal, o como la percibe la mayoría de las personas. Será, más bien, una naturaleza física tratada como si estuviera regida por la ley del valor y el proceso de acumulación capitalista mediante crisis económicas, como la producción de lápices o de comida rápida.

Con esto termina la discusión sobre la naturaleza. Ahora tenemos los elementos necesarios para su comprensión, los cuales a grandes rasgos se centran en su caracterización teórica y en las leyes básicas que la rigen. Ahora estamos en condiciones de analizar elementos centrales del sistema de producción capitalista, lo que nos permitirá comprender la esencia su modo de acción. Lo cual se considera base fundamental para entender porque el deterioro de la base material ha llegado hasta este punto y porqué el sistema capitalista no se puede conciliar dentro de la lógica de conservación, a saber: le resulta antieconómico.

Capítulo 3. El Capital.

Ya que hemos profundizado en la concepción de la naturaleza y en algunas de las leyes que la rigen, es momento de empezar a analizar el sistema económico capitalista.

Para comprender la manera en que el capitalismo se muestra contradictorio con la preservación de la naturaleza, veremos en qué forma actúa, partiendo del hecho de que lo que busca el capitalista al entrar al sistema de producción, es obtener una ganancia.

El modo en el que funciona el sistema capitalista provoca que el capitalista que no logre incorporar cierta tecnología, sea expulsado del mercado, para lo cual es preciso que el capitalista haga ver crecer continuamente sus ganancias, a fin de obtener las tecnologías que le permitan seguir siendo competitivo y así no salir del mercado.

Las mejoras tecnológicas que incorpora el capitalista provocan que la tasa de ganancia vaya tendencialmente a la baja. Así que los capitalistas se enfrentan a la dificultad de obtener más ganancias, y en su competencia por éstas, provocan que la tasa de ganancia baje cada vez más.

El sistema de producción capitalista está lleno de contradicciones, lo que provoca que la realización de ganancias sea cada vez más complicada. Dado que el capitalista se apropia del trabajo del asalariado para tener más ganancias y a cambio de esto, paga un salario inferior a lo que produce, provoca que estos no tengan el poder de compra suficiente para realizar toda la producción. Lo cual, aunado al aumento del volumen físico de la producción, a la sustitución de fuerza de trabajo por maquinaria y a la desproporcionalidad del sector que produce medios de producción frente al que produce bienes de subsistencia, provoca que haya sobreproducción de mercancías, que se presenta como una característica intrínseca al sistema capitalista de producción. Ésta es la crisis representativa del capitalismo.

Las crisis de los sistemas anteriores al capitalismo se caracterizaban por ser crisis de escasez, las cuales se debían a la dependencia del sistema frente a la agricultura. Con la implementación de tecnología y gracias a la expansión de la frontera agrícola, en la actualidad las dotaciones alimenticias están resueltas e incluso sobradas para cualquiera que tenga el presupuesto para satisfacerlas. Así que la escasez de alimentos en la actualidad es debida a la falta de dinero y no a la falta de alimentos. En general, la sobreproducción de mercancías es relativa al presupuesto y no a la ausencia de escasez. No olvidemos a costa de qué es posible esto.

Dado que las crisis son estructurales y por tanto recurrentes, los capitalistas tienen que enfrentarse a ellas, asumiendo ciertas pérdidas. Sin embargo, los capitalistas que logren mantenerse en el mercado luego de estas crisis, verán de nuevo sus ganancias y seguirán acumulando capital, provocando más barreras de entrada a nuevos capitales.

Para que un capitalista valore su capital, usará todo lo que esté dentro de sus posibilidades. Es por esto que devasta la naturaleza tanto como le sea rentable y lo hace al precio que sea necesario. Para que obtenga su ganancia, necesita dominar a la clase trabajadora, despojarla del producto de su trabajo y de los medios de producción. No obstante, lo que hace no pasa desapercibido. La destrucción de la naturaleza se le presenta reflejada en el deterioro de sus propias condiciones de producción e incluso de vida, y le genera que los costos de apropiarse de la naturaleza crezcan. Por otra parte, en cuanto a la dominación del hombre por el hombre, surge una serie de movimientos sociales para defender los derechos de los trabajadores a tener una mejor calidad de vida y la posesión de los medios de producción. En la actualidad, hay muchos movimientos sociales que se imponen a los intereses capitalistas y que defienden la naturaleza, para que el capital no se apropie de ésta.

A continuación veremos algunos conceptos esenciales para el análisis del capitalismo.

El punto de partida para el análisis del capitalismo se encuentra en el estudio de la mercancía, la cual se presenta de manera bifacética, por un lado, la

mercancía es portadora de valor de uso y por otra parte es portadora de valor de cambio.

En primer lugar, tenemos que los valores de uso son necesarios para la existencia humana. Algunos de estos están determinados por condiciones sociales y otros por condiciones naturales. Por ejemplo, la atmósfera es un valor de uso determinado por la naturaleza sin el cual no existirían las formas de vida que conocemos, con la energía libre sucede lo mismo. Los alimentos tienen ambas características. Por una parte satisfacen necesidades biológicas de los hombres y por otra parte están determinados por la sociedad. Se puede notar fácilmente que hay alimentos que sólo se consumen en ciertas regiones, independientemente de que otras regiones también cuenten con ellos.

También podemos distinguir valores de uso que están determinados sólo de manera social, como pueden ser los medios de transporte, de comunicación, los energéticos, etc. Los valores de uso que se determinan de esta manera, hacen que las materias necesarias para su realización se incorporen como valores de uso sociales. Por ejemplo, el petróleo se vuelve un valor de uso a partir de que se tiene el conocimiento y la tecnología para utilizarlo como energético. El mismo conocimiento y tecnología se puede entender como un valor de uso social.

La esencia de la mercancía se centra en el intercambio, y éste no es otra cosa más que una relación social. Que la mercancía posea valor de uso social se presenta como una necesidad para su existencia. El valor de cambio se muestra como una característica contingente de las mercancías derivada de las relaciones sociales existentes [Marx (1). 2007: 45], mientras que la realización del valor de uso está subordinada a la lógica del valor de cambio. El valor de cambio no se puede realizar sin antes ser un valor de uso. Ésta es una de las contradicciones que surgen a partir del carácter bifacético de la mercancía [*vid.* López, 1986:29].

En principio, la mercancía entra al mercado para intercambiar valores de uso cualitativamente distintos. La magnitud de estos valores de uso se encuentra en el valor de cambio, es decir, enfrentar dos mercancías como valor de cambio es una relación cuantitativa.

El valor de uso se hace efectivo en la utilización o en el consumo de un bien [Marx (1) 2007:48], mientras que el valor de cambio se vuelve efectivo en el intercambio. Hay valores de uso que la naturaleza brinda de manera gratuita y son independientes de la existencia humana.¹⁰ Sin embargo, hay valores de uso que requieren la incorporación de trabajo humano. Éste actúa como mediador del metabolismo entre el hombre y la naturaleza

El trabajo, entonces, como creador de valores de uso, como trabajo útil, es una condición de la existencia humana independientemente de todas las formas de sociedad; es una necesidad natural eterna que media el metabolismo entre el hombre y la naturaleza, y, por consiguiente, la vida humana misma[...]Cuando el hombre entra en la producción, sólo puede proceder como la naturaleza hace consigo misma: sólo puede cambiar la forma de la naturaleza. [Marx (1) 2007:223]

La lógica del sistema capitalista es dirigir la producción en aras del valor de cambio. Esto hace que se transforme cada vez más la producción de mercancías en producción capitalista de mercancías [Marx (2), 2,007:44], Para ello se sirve del trabajo humano, de la riqueza material de la naturaleza y de medios de producción. Cuando la producción está encaminada de esta manera, se subordina la creación de valores de uso a la creación de mercancías, de las cuales se busca que generen una ganancia. Es decir, la producción no está encaminada a satisfacer necesidades. Una condición necesaria para que la mercancía se realice es que en primer lugar sea un valor de uso, el cual puede satisfacer una necesidad real (en sentido biológico) o creada por la sociedad.

Es decir que el modo de actuar en el sistema capitalista es el de obtener más ganancias, pero actuar bajo esta lógica no siempre resulta una tarea fácil. Con los modelos actuales de producción, los capitalistas se enfrentan a una feroz lucha para obtener las mejores condiciones de producción en relación con los demás productores. Los precios de las mercancías son mediadores de las relaciones sociales e indican las relaciones cuantitativas del intercambio entre mercancías. Éstas se realizan como portadoras de valor de cambio dentro del mercado.

¹⁰ Sin embargo, en este sistema económico se tiene la capacidad de modificar dicha condición.

Si bien la determinación del precio tiene que ver con la oferta y la demanda de las mercancías, dado que el precio está en referencia al tiempo de trabajo socialmente necesario para la producción, también hace referencia a la tasa de ganancia de los capitalistas individuales.

“Los tres principales factores determinantes de la tasa de ganancia son las fluctuaciones en la composición orgánica del capital, las fluctuaciones de la tasa de plusvalor y las fluctuaciones de la tasa de circulación del capital” [Mandel, 1986:12]. Una combinación de estos tres mecanismos o una modificación de alguno de ellos dejando los otros fijos, hace que se modifique la tasa de ganancia de los capitalistas.

Modificar cada uno de estos factores tiene distintas repercusiones, pero en términos generales podemos decir que inciden en dos factores: 1) *el grado de explotación de la fuerza de trabajo* y 2) *el grado de depredación de la naturaleza (usada como fuente de materias primas, energéticos y depósito de residuos)*. Ambos factores crecen cuando se desea tener mayores tasas de ganancia o contrarrestar la tendencia decreciente de ésta.

Para comprender las fluctuaciones en la composición orgánica del capital, pensemos en un mercado en el que se enfrentan diversos capitalistas, los cuales producen la misma mercancía pero poseen distintas composiciones orgánicas de capital. Si suponemos uniforme la tasa de plusvalor, el que tendrá mayores beneficios en ese ciclo del capital será el que tenga la mayor composición orgánica de éste. Los que tengan las menores composiciones tendrán menores ganancias o incluso éstos saldrán del mercado. Esto se debe a que la tasa de ganancia se determina con las condiciones medias de producción.

Por el efecto de la competencia, los capitalistas individuales se enfrentan a la tarea de aumentar la composición orgánica del capital y así poder obtener más beneficios. Si examinamos un poco el cociente que aparece en la composición orgánica del capital (c/v), tenemos que el numerador es un reflejo del estado de la técnica y el denominador de la fuerza de trabajo incorporada.

Dado que desde la perspectiva marxista lo único que genera el valor de una mercancía subyace en la fuerza de trabajo útil incorporada, el efecto que tiene

esto es que en la búsqueda de mayores ganancias, los capitalistas incorporan más tecnología y menos trabajo humano, haciendo que las mercancías disminuyan su valor.

Este efecto se reflejará a lo largo del tiempo, por medio de la disminución de los precios unitarios de las mercancías, lo cual incluye una gama de mercancías que son bienes salarios y provoca que al disminuir éstos, el trabajador dedique una parte menor de la jornada de trabajo para su reproducción y el capitalista se apropia de una mayor masa de plusvalía. Para que esto suceda no se necesita alargar la jornada de trabajo.

Sin embargo, la baja en los precios no es instantánea, sino que requiere que los demás capitalistas adquieran la nueva tecnología. En este período, el capitalista que implementó la nueva tecnología obtiene una ganancia extraordinaria, esto es así ya que es el primero en incorporarla. Esta ganancia extraordinaria permanecerá en el espacio temporal en que los demás capitalistas la adopten o cuenten con una tecnología que eleve en mayor medida la productividad del trabajo. La justificación de esto es que en ese período no se modifican las condiciones medias de producción, lo que permite que las ganancias de productividad del trabajo se expresen en mayores ganancias para los capitalistas que adoptaron tales tecnologías.

Cuando los demás capitalistas logren incorporar tecnologías que eleven la productividad del trabajo, las condiciones medias de producción habrán cambiado y los beneficios extraordinarios desaparecerán. Se dará lugar a una nueva reconfiguración entre los productores. Aquellos que logren adaptarse a la nueva tecnología continuarán en el mercado y los que no lo logren saldrán de éste.

Dicho proceso se lleva a cabo una y otra vez en el sistema capitalista. Los productores que posean las mejores condiciones de producción en un período dado, serán los que puedan ir acumulando cada vez más capital y serán los que expulsen del mercado a los capitalistas que no logren incorporar la nueva tecnología, impidiéndoles participar en un futuro proceso de producción. La acumulación de capital provoca barreras a la entrada para un nuevo capitalista individual.

Si regresamos a que el efecto de utilizar nuevas tecnologías provoca una disminución de los valores y por consiguiente de los precios, ¿qué es lo que le queda hacer al capitalista individual para enfrentarse a esta baja en los precios y no sacrificar sus ganancias? Lo que le queda hacer es aumentar la tasa absoluta de plusvalor, aumentar la tasa de circulación del capital o aumentar el tamaño de la producción.

El aumento de la plusvalía absoluta siempre es una opción para que el capitalista aumente sus ganancias, sin embargo, la jornada laboral no se puede extender de manera arbitraria. Por un lado existe la limitante biológica del trabajador y por otro existen límites en la jornada laboral que son (o suponen ser) regulados por los sindicatos y los gobiernos.

Esto es que, para satisfacer los deseos de ganancia de los capitalistas, no basta con aumentar la masa de plusvalía. Es necesario que aumente el volumen de la producción de mercancías. Si el capitalista no hiciera esto, aunque el capitalista se apropie mayormente del trabajo ajeno, esto no representaría una ganancia mayor en el conjunto de su producción. Para contrarrestar la disminución en los precios unitarios de las mercancías, se necesita que se produzcan más mercancías. Así el precio del volumen total será mayor y si el capitalista es capaz de vender la mayor parte de su producción, éste obtendrá una mayor ganancia.

Las implicaciones de aumentar el volumen de la producción se reflejan básicamente en:

1. Una mayor transformación de materia-energía de la naturaleza.
2. Una degradación de la calidad de energía: de energía disponible a energía en desecho.
3. Una mayor contaminación de la naturaleza debido a los residuos que surgen en el proceso de producción, distribución, consumo y disposición final.
4. Sobreproducción, ya que hay un excedente de la producción que no se realiza como valor de uso ni como valor de cambio.
5. La generalidad es que al hacer crecer el volumen de producción de mercancías, no se acompaña de un aumento proporcional a la demanda de éstas

y está acompañado del subconsumo relativo siempre y a veces absoluto de la clase trabajadora.

Así que el aumento en el volumen de la producción provoca que se intensifique la depredación de la naturaleza y, junto con la insuficiente demanda efectiva por parte del capital y fuerza de trabajo, provoca que la sobreproducción de mercancías sea una característica estructural en el sistema capitalista. Esto implica que, sistemáticamente, una proporción de los valores de uso de la naturaleza se destruye sin llegar a satisfacer en ningún momento necesidades humanas (de ningún tipo) y ni siquiera contribuyen a aumentar la ganancia al capitalista. El trabajo contenido en las mercancías es inútil y el trabajador fue explotado sin ningún sentido. Estas mercancías ya sea que lleguen o no al mercado, no se realizan y pasan a ser desechos, a los cuales, en el mejor de los casos, se les extrae algún componente útil o se recicla; en el peor de los casos se convierte automáticamente en desechos sin valor.

Aparentemente, las pérdidas que son resultado de las mercancías que no se realizan corren a cargo del capitalista, pero en realidad, estas pérdidas se cargan a la cuenta de todos los que habitamos, habitarán o pudieran haber habitado este planeta. Junto con esta pérdida económica, también se provocó una pérdida de valores de uso que en el presente o en el futuro podría servir para satisfacer alguna necesidad. Se perdió energía que estaba altamente ordenada, la cual bajo ningún proceso concebible puede regresar a su estado original, sin antes haber provocado una mayor energía en desorden para lograrlo.

Si recordamos que la tasa del plusvalor medida según el capital variable se denomina tasa del plusvalor, y que la tasa del plusvalor medida según el capital global se denomina tasa de ganancia [Marx, 2007(3):52], resulta inmediato notar que a final de cuentas, lo único que puede hacer el capitalista para elevar la tasa de ganancia o contrarrestar la tendencia decreciente de ésta, reside en aumentar la plusvalía de la que se apropia. “La ganancia [...] en primera instancia, es lo mismo que el plusvalor, sólo que en una forma mistificada, que sin embargo surge necesariamente del modo capitalista de producción.” [Marx, 2007(3):40]

A medida que el capital va utilizando sus estrategias para hacer crecer sus ganancias, necesita ir incorporando nuevas estrategias para continuar con esta dinámica. Los procesos se van haciendo más complejos y las relaciones que aparecen durante este proceso van encubriendo cada vez más lo que tienen en el fondo. Es por eso la importancia de desenmascarar las relaciones que quedan ocultas dentro del proceso de producción y circulación capitalista.

Una manera más de actuar en contra de la caída de la tasa de ganancia consiste en acelerar la tasa de rotación de capital. Esto se puede lograr gracias a aumentos en la productividad, en la intensidad del trabajo, la aceleración de los procesos naturales, la construcción de infraestructura, la disponibilidad de crédito, el desarrollo de las comunicaciones y los transportes, el comercio internacional, la ampliación de las necesidades y la obsolescencia prefabricada.

No se puede hablar de velocidad si no se tiene presente el tiempo. Éste es un elemento que queda encubierto dentro del proceso de circulación del capital y que resulta fundamental en nuestro análisis.

Retomando "la fórmula para el ciclo del capital dinerario":¹¹

D - M . . . P . . . M'-D'

en la cual los puntos indican que el proceso de circulación está interrumpido, y tanto M' como D' designan una M y un D acrecentados por el plusvalor" (P se refiere al proceso de producción) [Marx (2).2007:29], encontramos que el tiempo aparece representado por los puntos suspensivos y marca un período en el cual el ciclo del capital es interrumpido.

Esto se impone al capitalista como un atenuante para la extracción de la ganancia. Mientras menor sea el tiempo que permanece interrumpido el proceso de circulación, el capitalista se encontrará en mejores condiciones para ver crecer sus ganancias.

En el ciclo del capital dinerario, podemos ver que los extremos son D-D'. Es decir, el objeto de este ciclo es valorar el capital adelantado, de ahí que surja

¹¹ Si bien Marx analiza tres formas del ciclo de capital industrial, las cuales son D...D', P...P' y M...M', "por regla general se toma la forma D . . . D', porque ella domina al capitalista individual y le sirve en su cálculo, aún cuando el dinero solo constituya un punto de partida en la figura del dinero de cuenta." [Marx, 2007(2):185].

como resultado final D' (con $D'=D+d$). Los procesos que median estos dos extremos son necesarios para lograr el resultado.

El proceso de producción se presenta solo como el eslabón intermedio inevitable, como el mal necesario para alcanzar el objetivo: hacer dinero. Por eso a todas las naciones con modo de producción capitalista las asalta periódicamente el vértigo de querer hacer dinero sin la mediación del proceso de producción. [Marx, 2007(2):62]

El tiempo global en que el capital describe su ciclo es la suma del tiempo que se requiere en la producción y en la circulación. La transición por las dos esferas de circulación (D-M y M-D) y por la esfera de producción se lleva a cabo en una sucesión temporal. [Marx,2007(2):143].

Para que el capitalista pueda llevar a cabo el proceso productivo de manera constante, requiere de medios de trabajo, fuerza de trabajo, materias primas y materiales auxiliares que sean suministrados de manera constante y en el volumen necesario. Estas materias primas no se consumen simultáneamente, sino que se consumen de manera diferida durante el proceso productivo. En el tiempo en que están las materias primas y los medios de trabajo inactivos, no transfieren su valor a la futura mercancía, es decir, no contribuyen a valorar el capital adelantado en el tiempo que se detiene el proceso productivo. Sin embargo, para que se valore el capital es condición necesaria que pasen por esta etapa.

Así ocurre, por ejemplo, con el grano que se ha sembrado, con el vino que fermenta en la bodega, con el material de trabajo de muchas manufacturas, como por ejemplo el de las curtiembres, que queda sujeto a procesos químicos. Aquí el tiempo de producción es mayor que el tiempo de trabajo. La diferencia entre ambos consiste en un excedente del tiempo de producción sobre el tiempo de trabajo. [Marx, 2007(2): 143].

Para determinar el tiempo de un proceso productivo se requiere tomar en cuenta el tiempo que en que se producen los medios de producción, el tiempo en que actúan en el proceso productivo y el tiempo en que permanecen inactivos dentro de este proceso.

Aun habiendo las condiciones los medios de producción para que el proceso productivo se realice de manera continua, las limitaciones de la fuerza de trabajo pueden propiciar intervalos de tiempo sin que se lleve a cabo el proceso productivo. Por eso puede haber tanto empeño en que se lleve a cabo el proceso

productivo día y noche. Esto se ha logrado gracias a la luz eléctrica, la cual tiene la característica de ampliar el día.

En la parte que toca al capital latente

Como los edificios, máquinas, etc., es decir, los medios de trabajo cuya función solo se ve interrumpida por las pausas regulares del proceso de producción las interrupciones irregulares debidas a que se limita la producción, crisis, etc., son pérdidas puras... el valor global que le agrega al producto está determinado por su duración media; por ser valor de uso pierde valor tanto en el tiempo en el que funciona como en el que no lo hace... el valor de la parte constante de capital, que continúa en el proceso de producción aunque el proceso laboral esté interrumpido, reaparece en el resultado del proceso de producción. [Marx ,2007(2): 145].

En el tiempo de un ciclo completo del capital están comprendidos los tiempos que corresponden a la producción y a la circulación. Cuando se ven los ciclos económicos como procesos recurrentes, el tiempo que dura un ciclo completo se llama tiempo de rotación. Considerando como unidad base un año, podemos determinar cuántas veces rotó el capital a lo largo de este tiempo.

Mientras sea mayor la velocidad de rotación, menor será el tiempo en que el capital pase por períodos no productivos, se valorizará con más rapidez este valor adelantado y se obtendrá más rápidamente la ganancia buscada.

Los medios de producción como la maquinaria, los edificios, etc., se vuelven desecho una vez que han transferido su valor, aunque todavía sigan siendo útiles, o bien, por el efecto de la incorporación de una nueva tecnología que los vuelve socialmente obsoletos, exigiendo la adopción de valores de uso de última generación que sustituyan a los anteriores (ej. autos, computadoras, celulares, etc.)

Por otra parte, acelerar la velocidad en que se lleva a cabo el ciclo hace que algunos capitalistas puedan obtener mayores ganancias. Si suponemos que inicialmente en un año se llevan a cabo dos ciclos completos, y gracias a ello cierto capitalista obtiene una ganancia $2g$ y que en cambio un segundo capitalista logra realizar tres ciclos completos, la ganancia que obtendrá será $3g$.

Claro está que las ganancias no se fijan de manera individual en el sistema capitalista, que la tecnología que incorpore el capitalista y las condiciones que logre modificar para acelerar el ciclo pueden ser en gran medida alcanzada por el

resto de los productores, lo que provocará una nueva caída en la tasa de ganancia.

El reducir el tiempo en que se lleva a cabo un ciclo, también lo posibilita a acrecentar el proceso de acumulación de capital, haciendo que el proceso de reproducción ampliada (D... D'... D''...) se expanda más rápidamente. Es por esto que los capitalistas buscan de manera sistemática reducir los tiempos en los que se realizan los ciclos, ya que esto les dará oportunidad de obtener más ganancias.

Sin embargo, esta reducción del tiempo va acompañada de una constante modificación de las condiciones materiales. Salvo casos fortuitos, donde la naturaleza brinda condiciones excepcionales en relación con las que están circunscritos los demás productores, los capitalistas requieren abolir los tiempos que la naturaleza necesita para llevar a cabo sus propios procesos.

Dado que la producción no se puede dar sin insumos, el capitalista necesita que la obtención de las materias primas se rija bajo las mismas leyes del capital. Dependiendo de la naturaleza de las materias primas que utilice, buscará los métodos para lograrlo, entre los cuales se encuentra el empleo de catalizadores para acelerar procesos químicos, la intensificación de los procesos productivos y extractivos, la especialización, el uso de combustibles que sean más energéticos, la industrialización de la agricultura, la ingeniería genética, el uso de hormonas, de antibióticos, etc. Con esto, se acelera la descarga de desechos al ambiente, se consumen crecientes cantidades de combustibles, de agua y en términos generales se depreda con más velocidad la naturaleza (incluyendo al hombre) e impidiendo que ésta tome un *descanso* para recuperarse de este proceso.

Los tiempos de barbecho son disminuidos o cancelados en la agricultura provocando pérdida de la fertilidad natural del suelo. Se incorporan fertilizantes y plaguicidas que deterioran el suelo y contaminan los cultivos, se favorece el monocultivo y el uso de transgénicos que destruye la diversidad biológica. Los animales que se producen para el consumo humano están alimentados con grandes cantidades de hormonas y antibióticos, para que crezcan más y más rápido, acortándose artificialmente su vida natural con el fin de acelerar el ritmo de rotación de la mercancía en que participan como materias primas. Se consumen

grandes cantidades de agua para su subsistencia y se anula la fertilidad de los suelos ganaderos y agrícolas.

La maquinaria que se utiliza para la tala de árboles depreda hectáreas de bosques en cuestión de horas, sin diferenciar siquiera lo que le es útil al capital. La biodiversidad que ha llevado miles de años a la naturaleza lograr por medio de estructuras de alto orden, es devastada a las órdenes del capital lo más rápido posible.

Las actividades de extracción de metales se vuelven crecientemente más intensivas, agotando por una parte las reservas naturales y por otra, generando una gran contaminación de los mantos freáticos y de emisiones de CO₂ y metano, los cuales contribuyen en gran medida al calentamiento global, todo esto va acompañado del deterioro de las condiciones de vida de la fuerza de trabajo y de su salud.

En esta misma búsqueda de la ganancia es que el capital transforma el espacio. Para que los ciclos en el capitalismo sean más rápidos, es necesario crear redes de transporte y comunicación que dañan fuertemente los ecosistemas. Crea transportes que hacen a los lugares más cercanos y que provocan la introducción de especies invasoras de un ecosistema a otro, lo cual es un factor importante para la extinción de las especies y que también resultan determinantes del consumo exosomático de energía y en la generación de gases de efecto invernadero.

Para disminuir los costos en los transportes y en infraestructura, fomenta las economías de aglomeración, las cuales son particularmente perjudiciales ya que necesitan una gran cantidad de materia y energía procedentes de la periferia, provocando que las ciudades sean dependientes del exterior y generando el despojo de valores de uso a los pobladores originales de ese espacio. También fomentan la ruptura del ciclo hidrológico, las llamadas islas de calor, la deforestación del hábitat, la exclusión e incluso el exterminio de las especies nativas.

Podría hacerse una inmensa lista del daño ecológico que causa el capitalismo con la finalidad de acelerar la rotación del capital (es decir, en

búsqueda de abolir el tiempo y el espacio) y por la búsqueda incesante de la ganancia.

La tendencia que sigue el capitalismo es de hacer que los materiales renovables altamente ordenados de la naturaleza, se vuelvan no-renovables, debido a la intensidad de su destrucción. Y hace que las materias no-renovables desaparezcan.

Una vez que el sistema capitalista logra acelerar la velocidad de rotación, no hay marcha atrás. Siguiendo su lógica, lo que tiende a suceder es un constante abatimiento de las condiciones naturales, las cuales actúan en deterioro de las propias condiciones de producción. El regreso a las condiciones que existían antes de que fueran transgredidas por el capital puede que sea imposible, o que el tiempo que se requiera sea tan grande, que para los fines humanos se considere sin posibilidad.

Capítulo 4. El mercado.

En el capítulo anterior vimos la forma en que los deseos de obtención de la ganancia actúan en deterioro de la base material y en dirección de abolir las condiciones de la naturaleza y su riqueza. En esta búsqueda (de la ganancia) resulta una segunda naturaleza que transforma las condiciones de vida y de producción, la cual no puede pasarse por alto.

Si bien en el sistema capitalista de producción no se le da la suficiente importancia a esto, sí hay ramas de la economía convencional, que basadas en esta preocupación, desarrollan instrumentos y herramientas para contrarrestar el deterioro y hacer con esto un capitalismo “sustentable”.¹² Para ver cómo actúan estas herramientas nos centraremos en el área de los recursos no renovables

Uno de los acercamientos al tema de los materiales no renovables lo hace a través de la Regla de Hotelling, de la cual se mostrarán algunas de sus particularidades y para posteriormente concluir que este modelo defendido por la vertiente dominante de la economía no es consistente con el modo de actuar del mercado, ni es adecuado para la conservación.

Entre las preocupaciones esenciales en el tema de los materiales no renovables apunta en dirección de las formas de vida futuras, las cuales con los modelos actuales de producción están fuertemente afectadas.

Por recursos no renovables se entiende aquellos cuya utilización económica disminuye necesariamente el stock de reservas. El ritmo de extracción es mucho mayor que el ritmo de producción geológica, de manera que para efectos prácticos consideraremos que la tasa de renovación es nula. En esta categoría entran tantos los combustibles fósiles (como el petróleo) que no son reciclables, como los minerales que en principio sí lo son (como el hierro). [Martínez y Roca, 2001: 297]

¹² Hay una fuerte controversia con el concepto de sustentabilidad. La definición que se acepta de manera oficial es la de la Comisión Burtland, según la cual “es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. [Luffiego y Rabadán. 2000: 474]

El término *stock* es ambiguo. Por ejemplo, para la IEA [International Energy Annual 2006]. *Stock* significa la cantidad de material que se tiene en almacenes. Para otras fuentes, el *stock* hace referencia a las *reservas*, refiriéndose con esto a los materiales que están en el subsuelo y que se estima se puedan extraer.

Para hablar de estos materiales con las perspectivas económicas actuales y la tecnología presente, la IEA (que adopta la definición del World Energy Council) las llama *reservas probadas* y el término de *reservas probables* se utiliza para referirse a las reservas que no se pueden extraer con la tecnología actual.

Una consideración más que es importante hacer, es la distinción entre *stock* y flujo, la primera se utiliza para referirse a un acervo de materiales no renovables y la segunda para el flujo de la materia y energía renovables. No es casualidad que esta distinción no se tome en cuenta, ya que es una manera de ocultar las disminuciones en las reservas confundiendo voluntariamente ambos términos.

Las *reservas probadas* y las *reservas probables* se incluyen en la categoría *reservas*. No hay un consenso en cuanto qué quiere decir que haya una reserva probada, para algunos, significa que se tiene una probabilidad de explotación del 90% y para otros puede ser del 50%, 25% o 10% [Martínez y Roca. 2001: 297]. Un problema más al respecto es que la traducción al español de *stock* se puede hacer con la acepción de *reserva*, lo cual da lugar a una mayor confusión.

En este texto se considerará el *stock* como la cantidad de material que hay en los almacenes y el *stock de las reservas* como las *reservas*, de acuerdo a la definición de la IEA.

En relación con los materiales no renovables, surge la preocupación de que el consumo presente de estos materiales deja determinado el consumo futuro. A raíz de esta preocupación y del reconocimiento de la base material finita del planeta, de las leyes de conservación de la materia – energía y del conocimiento de que hay distintas calidades de energía, es que se ha vuelto un tema de estudio para la disciplina económica.

A partir de la Revolución industrial y hasta nuestros días, los combustibles fósiles son esenciales para mantener la dinámica de acumulación capitalista.

La energía de los combustibles fósiles puede ser almacenada en el tiempo y transportada en el espacio... La desventaja de los combustibles fósiles es que a

diferencia del continuo flujo de rayos solares son extraídos de una reserva finita, es decir, no van a durar eternamente. En segundo lugar, los productos de la combustión (sobre todo el CO₂) impiden la radiación de la energía solar causando el efecto invernadero. La cantidad de energía de la reserva de combustibles fósiles no es mayor que la cantidad de energía que el sol irradia a la tierra en cuatro días. [Altvater, 1993: 310].

4.1. La Regla de Hotelling.

Por la parte de la economía neoclásica, una de las propuestas para abordar el tema de los *recursos naturales* es la *regla de Hotelling*, según la cual el grado de extracción de los materiales no renovables está en correspondencia directa con la tasa de interés. El objetivo de esta regla es encontrar el precio adecuado para la base material, a medida de que el precio de ésta aumente, es que disminuirá la extracción del material y viceversa.

Como podemos ver, esta regla no solo actúa en sentido de elegir el precio adecuado para algún material no renovable, sino que actúa en dirección de asignar intertemporalmente la base material, es decir, con base en los precios que propone se determina la cantidad de materiales que es adecuado extraer en el presente, dejando predeterminada la dotación para el futuro.

De la dotación que se le asigne a las generaciones futuras no se toma en cuenta la accesibilidad que se tenga del material por cuestiones tecnológicas, ni se considera que tanta energía se tiene que invertir para extraer los materiales (energía neta). En el caso de los materiales que se utilizan como energéticos, puede suceder que se necesite más energía en el proceso de extracción y distribución que la energía que se obtenga en el consumo, así que la dotación que se está destinando a las generaciones futuras en realidad es menor de la que supone ser (este es el caso de los biocombustibles).

La regla de Hotelling actúa bajo el supuesto de la propiedad privada de los *recursos naturales* y está diseñado para maximizar las ganancias privadas de los poseedores del capital. Bajo su lógica, el capitalista considera el *recurso natural* como un activo financiero y su propietario toma la decisión de elegir entre el tipo

de ingreso que obtendría hoy al venderlo y el que tendría al esperar un año al venderlo,

Lo racional de este punto de vista financiero es “descontar” el futuro: no considerar equivalente un dólar de hoy a un dólar de mañana. Según dicha racionalidad, lo rentable será esperar a vender el futuro solo si el precio del activo se recupera a un ritmo, como mínimo, igual a la tasa de interés [Martínez y Roca. 2001:304].

Como podemos ver, este modo de actuar desconoce en su totalidad los impactos medioambientales que generados en la extracción, distribución, consumo y disposición final de los materiales, de la misma forma que desconoce a las generaciones futuras. No sólo las desconoce en tanto a la posibilidad de consumir este material, sino que anula la posibilidad de tener un medio ambiente libre de los contaminantes que se generaron en el proceso de extracción, comercialización y consumo de dicho material.

En términos de Altvater y Mahnkopf:

Aún cuando los límites de la disponibilidad de recursos... todavía pueden ampliarse, los límites de la capacidad de carga de las reservas para las emisiones gaseosas, líquidas y sólidas del proceso de producción y consumo se han acortado dramáticamente: el efecto invernadero, el agujero de ozono, el smog en verano, la creciente toxicidad, la erosión del suelo, la desertificación, la cada vez peor calidad del agua potable, etc.... muchas especies están siendo eliminadas y corren el peligro de extinción o ya se extinguieron. No se descarta una caída de la evolución aun antes de que se haya extraído de la tierra el último barril de petróleo. Las formas de vida y producción de la “moderna sociedad industrial” no son compatibles con la naturaleza. [Altvater y Mahnkopf, 2002: 308]

Otra cuestión más sobre la regla de Hotelling es que supone el agotamiento del *recurso* al que se le quiere poner precio. En ningún momento admite la posibilidad de la conservación, la cual se tendría tan sólo si el precio fuera tan elevado que no se encuentre comprador. Sin embargo, este escenario contradice uno de los supuestos del modelo, a saber: “el propietario del recurso en cada momento puede colocar en el mercado la cantidad que decida de stock total” [Martínez y Roca, 2001: 304]. Otros supuestos del modelo son que los agentes individuales no tienen ningún poder de mercado y no hay costos de extracción.

Además para este modelo hay un único precio inicial compatible con la maximización de beneficios de todos los propietarios. [Martínez y Roca, 2001: 304]

Queda claro que el objetivo de un modelo como éste no se sitúa alrededor de la conservación de los *recursos naturales*, aunque se argumente que mientras mayores sean los precios, el *recurso* se explotará en menor cantidad. La conservación de los *recursos naturales*, también implica la conservación de la energía libre que se dejó de destinar a extraer dichos materiales y la conservación del medio ambiente que no será contaminado.

Un aspecto más que no ha sido considerado, es que los procesos para extraer minerales y combustibles fósiles modifican la configuración espacial, la cual es testigo del pasado y determinante del futuro.

Las generaciones futuras vivirán con la persistencia de las formas espaciales ecológicas suscitadas por las estructuras sociales anteriores aún cuando las estructuras productivas desaparezcan. Estas estructuras son calificadas por Milton Santos como rugosidades y Castells como formas ecológicas [Santos, 1990:154].

Siguiendo a Milton Santos, es importante rescatar que “lo que pasa en un lugar depende de la totalidad de los lugares que construyen el espacio” [Santos, 1990: 137], así que lo que ocurre localmente en los procesos productivos y extractivos tienen también importancia global. La gran cantidad de contaminantes que se desechan a la atmósfera, al suelo, subsuelo, ríos y mares, etc., son condicionantes de la totalidad de los lugares, lo cual se vuelve incuestionable a raíz de reconocer a la Tierra como un sistema cerrado.

La actividad minera no sólo es contaminante, sino que anula las cualidades del suelo y subsuelo transformando los ecosistemas, eliminando la biodiversidad y anulando el sustento de las formas de vida, de manera inmediata en el lugar específico y de forma no tan inmediata en la totalidad del planeta. Todo esto va acompañado de las pésimas condiciones de vida de los trabajadores mineros.

Sin duda, esta modificación espacial no está considerada en el análisis de los precios que propone Hotelling. De acuerdo a los planteamientos neoclásicos, si la economía retomara algún efecto en la modificación espacial o en el medio ambiente, lo haría considerándola una externalidad. El éxito de las llamadas

externalidades, recae en que los perjuicios se socializan, mientras que las ganancias son privadas.

Una visión fragmentada del planeta (y de la economía) hace olvidar y mistificar las relaciones que se tienen entre los ecosistemas y el sistema productivo. Al consumir un valor de uso, éste desaparece y simultáneamente desaparecen otros valores de uso. En cada momento del ciclo del capital se está destruyendo una gran cantidad de valores de uso y se está convirtiendo energía altamente ordenada en energía de desecho, lo cual no es costumbre advertir. No hay un eslabón en el ciclo del capital que no implique una necesaria destrucción de valores de uso. Lo mismo pasa con cualquier actividad humana. El punto álgido en este discurso recae en la velocidad e intensidad de destrucción de los valores de uso y en la subordinación del sistema global a una sola lógica: la extracción de la ganancia. El sistema capitalista generaliza los modelos productivos haciendo que tiendan a ocupar las mismas estructuras productivas la totalidad del planeta.

La dialéctica de los valores de uso nos permite verlos dualmente, como satisfactores de necesidades y como destructores de otros valores de uso¹³. Los valores de uso en el capitalismo resultan relevantes por ser una característica que tienen las mercancías. La condición necesaria para el valor de cambio se encuentra en el valor de uso. De aquí una de las contradicciones que apunta la teoría del valor marxista. Una contradicción más, la cual apunta O'Connor se refiere a que

Al crecer el capitalismo, estropea sus propias condiciones de producción, ya que contamina el agua y el aire, hace desaparecer la biodiversidad, agota los recursos naturales. Eso, a veces, implica costos crecientes para restaurar las condiciones de producción. [Martínez y Roca. 2001:31]

En términos distintos, pero con el mismo sentido, Altvater habla sobre

El mecanismo de retroacción en términos de que la tasa de interés presiona la producción del excedente, llevándola hacia la sobreexplotación de los recursos naturales. Luego, la degradación de la base natural del proceso de producción vuelve más difícil alcanzar ganancias proporcionales a la tasa de interés. [Altvater, 1993:183]

¹³ Por ejemplo, si se usa gasolina en los medios de transporte, al consumirse se está deteriorando también el valor de uso de la atmósfera.

En la actualidad, hemos llegado al punto en que la manera de producir y de incitar al consumo está deteriorando gravemente el medio ambiente al punto de llegar a alterar el clima, lo cual es la primera vez que sucede por efecto del ser humano. En ningún otro momento de la historia el hombre había sido capaz de transformar el clima y los ecosistemas en esta medida. Ante esta situación, lo que está en juego no sólo es el futuro del mercado y del capitalismo, sino el futuro de las formas de vida aún existentes.

Un argumento socorrido por los neoclásicos omite deliberadamente la relación entre el sistema productivo y la naturaleza, es la de la sustituibilidad del capital natural y el capital manufacturado. El capital natural abarca los *recursos naturales* no renovables y el capital manufacturado es el capital fabricado por los hombres. Lo que se afirma es que la pérdida progresiva del capital natural se puede compensar sin afectar la producción, siempre que aumente suficientemente la dotación de capital manufacturado [Martínez y Roca. 2001: 374].

Este argumento es llevado hasta el total absurdo de suponer que se puede producir con una cantidad de capital natural igual a cero, siempre y cuando el capital manufacturado sea lo suficientemente grande. Una interesante réplica a este argumento nos dice que

los economistas han sido entrenados para creer que los recursos naturales provienen de los “mercados”, en vez de provenir de la naturaleza. La moraleja es que el “capital hecho por el hombre” puede sustituir al “capital natural”. Pero la primera ley de la Termodinámica nos dice que no hay “creación”, esto es, que el “capital hecho por el hombre” sencillamente no existe. Es decir, que todo el capital es “capital natural” y que la economía es 100% dependiente de la naturaleza para cualquier actividad [Hanson, 2004].

Esta omisión de la relación entre el capital manufacturado y el capital natural seguramente no es una casualidad. Responde a los intereses de los poseedores del capital, los cuales persiguiendo la ganancia prefieren olvidar que el capital manufacturado no se puede tener en ausencia de una base material y suponen legitimar su modo de actuar construyendo modelos y teorías que se caracterizan por fragmentar la realidad y olvidar la naturaleza.

Los economistas que sostienen la tesis de la desmaterialización de la economía, dan un argumento más para favorecer este olvido. Sin embargo, es falso que la economía se esté desmaterializando. Una buena réplica ante la desmaterialización, es que

la producción de un microchip de 32 megaoctetos necesita 72 gm de sustancia química, 700 gm de gas elemental, 32 lts de agua, 1,200 gm de combustibles fósiles, es decir, en total una masa de materiales que sobrepasan 17,000 veces su peso. [Latouche, 2008: 44]

Siguiendo los razonamientos de la economía neoclásica, se pueden tener conclusiones en relación con la población, según la cual, si permanece estable se puede mantener indefinidamente un consumo constante *per cápita* sostenible, aún sin que haya cambio técnico, siempre y cuando la elasticidad de la producción respecto al capital sea mayor que la elasticidad de la producción respecto a la cantidad de *recursos* naturales. En caso de que la población crezca de manera exponencial, bajo los supuestos anteriores, el consumo sostenible sería al ritmo del progreso técnico [Martínez y Roca. 2001: 377]. Sin embargo, considerando la finitud y la capacidad de carga del planeta, se tiene que un crecimiento infinito es imposible, esto necesariamente concierne también al crecimiento demográfico [Latouche. 2008 : 127].

La regla de Hotelling es un ejemplo claro de cómo actúa el mercado y de sus mecanismos.

Los procesos económicos tienen un doble carácter, por un lado son emisores y receptores de señales que por medio de los precios sientan las bases para la toma de decisiones de los agentes económicos, y por otra parte organizan la asignación de los recursos por medio del mercado [Altvater. 1993:182].

Esto quiere decir que los precios envían señales sobre el estado de los *stocks* de las mercancías. Es decir, si los precios de un material se elevan es señal de que el *stock* del material disminuye y por el contrario, si los precios disminuyen la señal que se envía al mercado es que hay abundancia del material.

El problema de que los *recursos* se asignen por medio del mercado, es debido a que margina a los que carecen de dinero y olvida a las generaciones futuras. “No olvidemos que una de las funciones del dinero es ser escaso, lo que implica que en una economía monetaria, la capacidad de pago en principio

limitada” [Altvater, 1993: 214]. Así que cualquier solución que involucre el dinero, estará dando por hecho la exclusión de los individuos que carezcan éste.

Otro problema es que no se puede asignar un *recurso* por medio del mercado a un individuo que aún no ha nacido, ya que éste no puede manifestar sus preferencias, además de que las preferencias son relativas a la oferta de bienes.

1.2. La falacia de los stocks y el sistema de precios de mercado.

Una propuesta de análisis en contra de actuar bajo la lógica del mercado, consiste en evidenciar una de sus contradicciones. Con esto me refiero a ver que la disminución del *stock de las reservas* de los materiales no renovables no está acompañada de un aumento en los precios de los mismos. Es decir, el sistema de precios de mercado no funciona de manera consistente con su propia lógica, permite que los *recursos naturales* disminuyan crecientemente, sin ir acompañados de aumentos en la creación de valor.

Para ver esto, usaré el caso particular del carbón basándome en una serie de datos estadísticos publicados en el “International Energy Annual 2006”, el cual incluye una serie de estadísticas para EEUU en el período de 1949-2007 y algunos datos sobre el mundo entero. Los datos del 2007 son estimados.

Para poder ver esta contradicción, lo primero que se necesita es conocer la tendencia de los *stocks de las reservas* de carbón, la cual considerando que se trata de un material no renovable, deben ir necesariamente a la baja.

Lo primero que veremos en relación con esto, es que los datos oficiales no proporcionan datos sobre el *stock de las reservas*, sino que dan el *stock* que se encuentra en almacenes. La información sobre las reservas no se presenta en modo de serie de tiempo, sino que se presentan datos aislados, de tal manera que no se puede tener un seguimiento de éstos a lo largo del tiempo. En el anuario del

que se obtuvo la información, solo podemos saber las reservas probadas para el año 2005, que corresponde a 263,781,000 *short tons*¹⁴.

Si bien, una serie de tiempo con estos datos nos darían una mejor idea de cómo disminuye la cantidad de carbón que hay en los yacimientos, con la información disponible no se puede conocer. Es por esto que se acostumbra a trabajar con los *stocks*, en lugar de trabajar con el *stock de las reservas*, cuyos datos también resultan ser poco accesibles.

Dado que las mejoras tecnológicas de la exploración hacen posible tener cada vez más acceso a minas más profundas y a carbón más difícil de sacar, es que se tienen que el *stock* de los almacenes crece, pero lo hace gracias a disminuir el *stock de las reservas*. Mientras mayor sea el *stock* de los almacenes, necesariamente es menor el *stock de las reservas*.

En el caso de un país, es posible que su *stock* en almacenes crezca sin que disminuya su *stock de las reservas*, pero esto sólo es posible debido a que importe carbón y no a que su *stock de reservas* haya aumentado. El carbón que está comprando dicho país, está provocando que disminuya el *stock de reservas* en los países que se lo exportaron y en consecuencia está disminuyendo el *stock de las reservas* mundiales.

Mientras mayores sean los aumentos del *stock* de una nación y este aumento no vaya acompañado de disminuciones en las reservas, implica una creciente apropiación del carbón que existe predeterminadamente en el mundo. En general la transferencia de *recursos naturales* se da entre los países del centro y la periferia. En la actualidad, hay un reclamo de los países de la periferia que han sufrido fuertes daños ambientales en los procesos extractivos y un saqueo de sus *recursos*. Este conflicto se denomina *deuda ecológica*. [Martínez, 2006: 325]

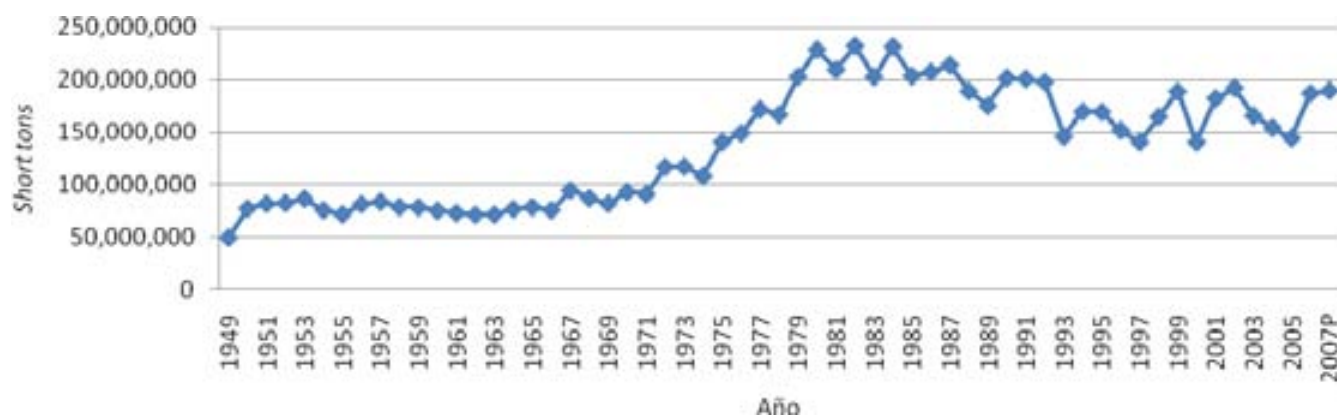
La conclusión que se tiene en general cuando no se considera que el carbón de los yacimientos existe de forma predeterminada, es que mientras más carbón se extrae en el presente, más carbón se dispone para el futuro (ya que aumenta el *stock*).

¹⁴ 1 Short Ton equivale a 2,000 libras que corresponden a 907.18474 kg. En EEUU se le suele llamar simplemente Ton [National Institute the Stanadar and Technology].

Por lo que se lee en las estadísticas, el *stock* y *stock de las reservas* aparecen desconectados por completo, pareciera que no hubiera relación entre estos (reafirmando más la idea de que el capital proviene de los mercados y no de la naturaleza).

La gráfica de la serie de tiempo del *stock* de carbón se presenta a continuación.

Gráfica 1. *Stock* del carbón para EEUU. 1949-2007.



Fuente: International Energy Annual 2006.

<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/coal.html>

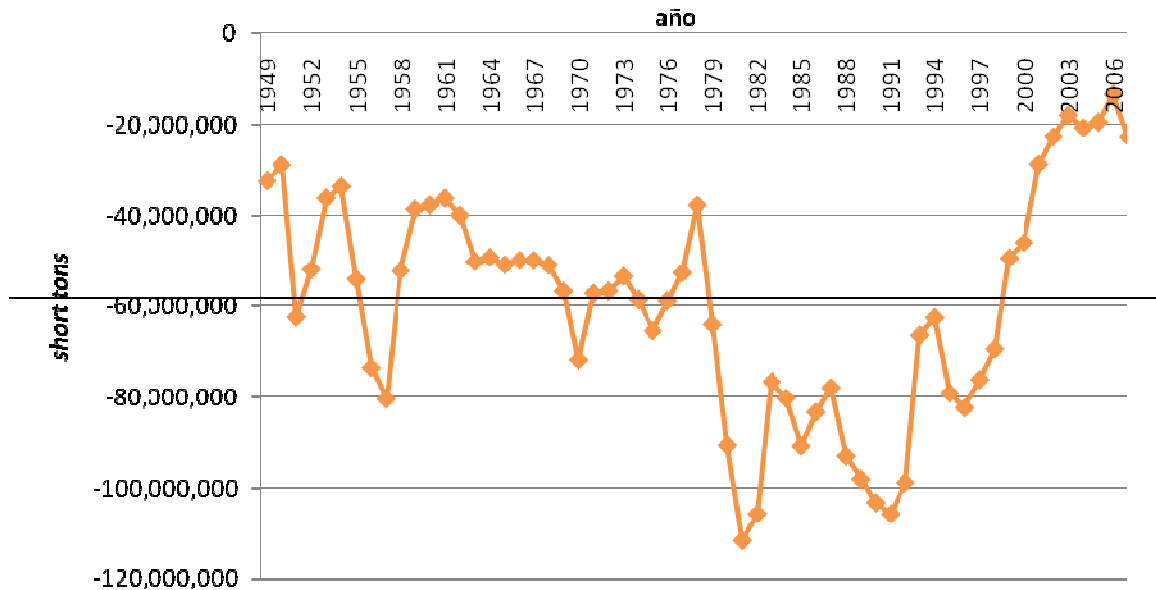
Notas: Año vs. *Short Tons*

Como podemos ver el *stock* casi se ha triplicado entre 1949 y 2007. Dado que este dato desconoce las reservas, podemos ver que hay una tendencia a crecer hasta finales de los 70's y en adelante disminuye pero de manera amortiguada y sin descender en ningún momento de los niveles en que se encontraba a mediados de los 70's.

Parte de ese carbón proviene del exterior de EEUU, para ver que fracción proviene del exterior es necesario considerar las importaciones netas (importaciones menos exportaciones). Con base en la gráfica 3, podemos ver que todos los datos son negativos, esto implica que en el período de tiempo analizado el comportamiento de los cambios en el *stock* están ligados al carbón que se extrae en el exterior. Este se lleva a EEUU y se contabiliza en el *stock* de EEUU además de contabilizarse en reporte de producción del país de origen. La suma de las importaciones netas es aproximadamente el 10% de la producción de EEUU,

país que además se estima cuenta con el 25% de las reservas mundiales [International Energy Annual, 2006].

Gráfica 2. Importaciones Netas. EEUU 1949 -2007.



Fuente: International Energy Annual 2006.

<<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/coal.html>>

Notas: Año vs. Short Tons

Con los datos que se presentaron, podemos saber en realidad muy poco sobre lo que pasa con el carbón. El presentar las series de los *stocks* y omitir las series de los *stocks de las reservas*, lo que se está propiciando un análisis fragmentado de la realidad y cuando no son bien leídas las estadísticas, provocan la confusión y que se considere que la toma de decisiones sobre el futuro se haga pensando en los *stocks* y no en las reservas.

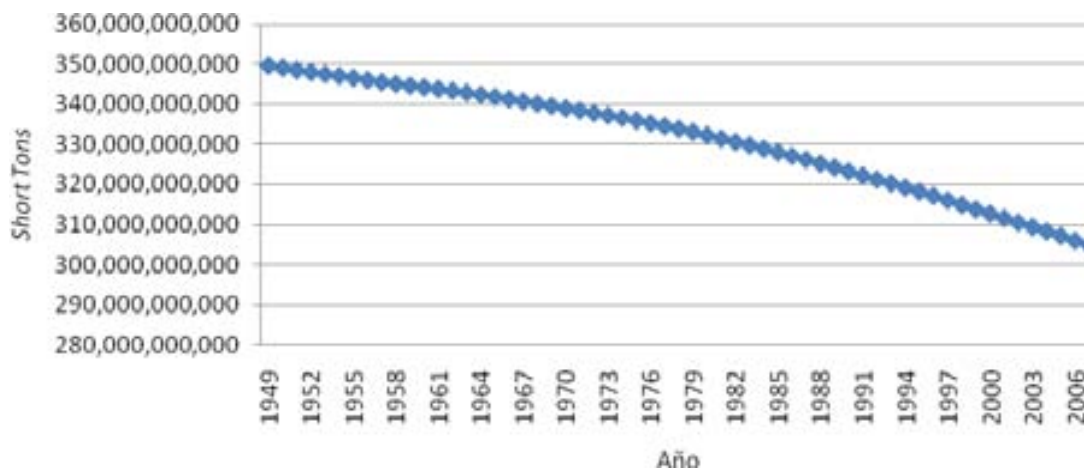
Con los datos que disponemos es necesario reinterpretarlos para hacer análisis más sensatos y que reflejen en mayor medida la realidad. Si bien, no estamos en condiciones de descartar todos los datos oficiales y realizar nuevas mediciones, lo que si podemos hacer es utilizarlos de manera diferente para tener distintas conclusiones.

Tomando como punto de partida que no se pueden conocer la cantidad total de carbón que existe en el subsuelo (independientemente de que se tenga la tecnología para acceder su extracción o de que las condiciones económicas sean favorables para extraerlo), propuse considerar una cantidad hipotética $S = 3.5 \times 10^{11}$ Short Tons de carbón como la cantidad de carbón que existía en EEUU en 1949. La cantidad supuesta deriva de sumar al dato que ofrece la IEA para la reservas en 2005 más la extracción entre 1945-2005, sumándole un 20% del resultado como margen de error.

Si a esta cantidad se le diera un margen de error del 200% o de cualquier otra cantidad, en nada cambia las conclusiones. No es trascendente que esta cantidad no sea la real, ya que no se utilizará para hacer pronósticos de tiempo, sólo se está utilizando para reflejar una tendencia en los datos. Si la cantidad S fuera mayor, lo único que cambiaría es el nivel de la serie, pero la tendencia sería exactamente la misma. Si S fuera una cantidad considerablemente menor, lo que sucedería es que se agotaría el carbón disponible en menor tiempo.

Con la información de IEA, se calculó la extracción de carbón (dato que reportan como producción) restando de $S = 3.5 \times 10^{11}$ Short Tons. Lo que nos dice este dato es cuánto carbón queda en los yacimientos, es decir, nos da el *stock de las reservas* en el período de tiempo tratado.

Gráfica 3. Estado del *stock de las reservas* de carbón para EEUU calculado como $S - P$. 1949-2006.



Fuente: International Energy Annual 2006.

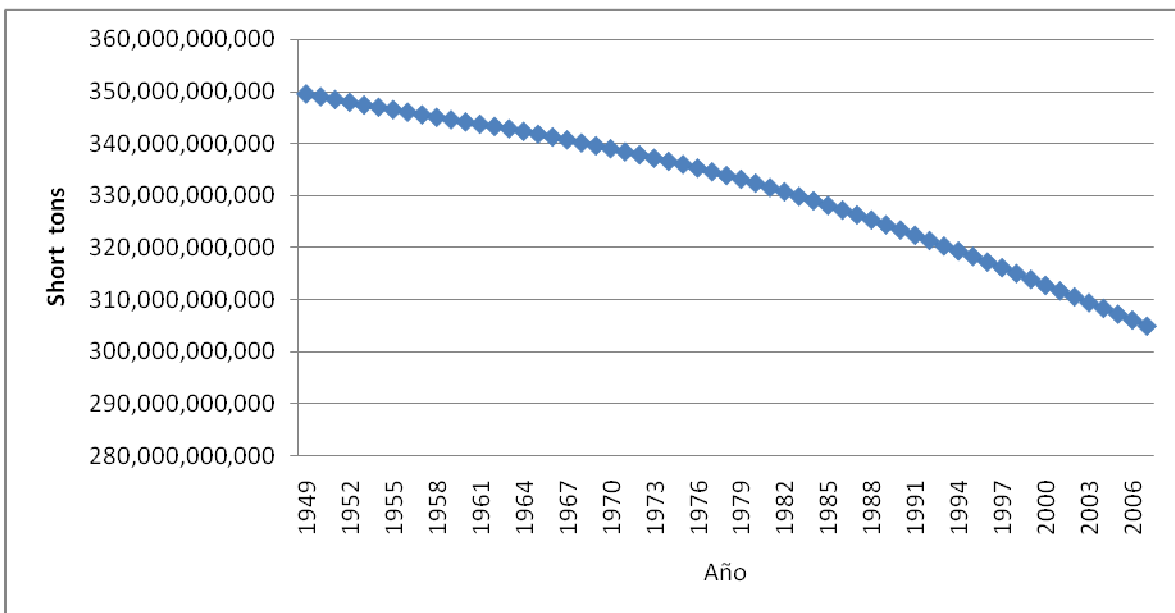
<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/coal.html>

Notas: Año vs. Short Tons

La gráfica 4 muestra claramente que la extracción provoca que disminuya el *stock de las reservas*. Si lo que se extrajo se exporta, se almacena o se consume, lo único que puede cambiar es la tendencia del *stock de los almacenes*. El defecto de esta gráfica es que no considera la accesibilidad para la extracción del carbón, ni la energía neta obtenida. Sin embargo, si esto se considerara, el resultado inevitable sería para bajar el nivel de la serie, es decir, considerar una *S* más pequeña.

Un dato que incluya es *stock* de los almacenes y el *stock de las reservas* se puede calcular sumando las estimaciones de ambos. Al sumarlos resulta la gráfica siguiente:

Gráfica 4. Stock de las reservas más stock estimado. EEUU. 1949-2006.



Fuente: International Energy Annual 2006.

<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/coal.html>

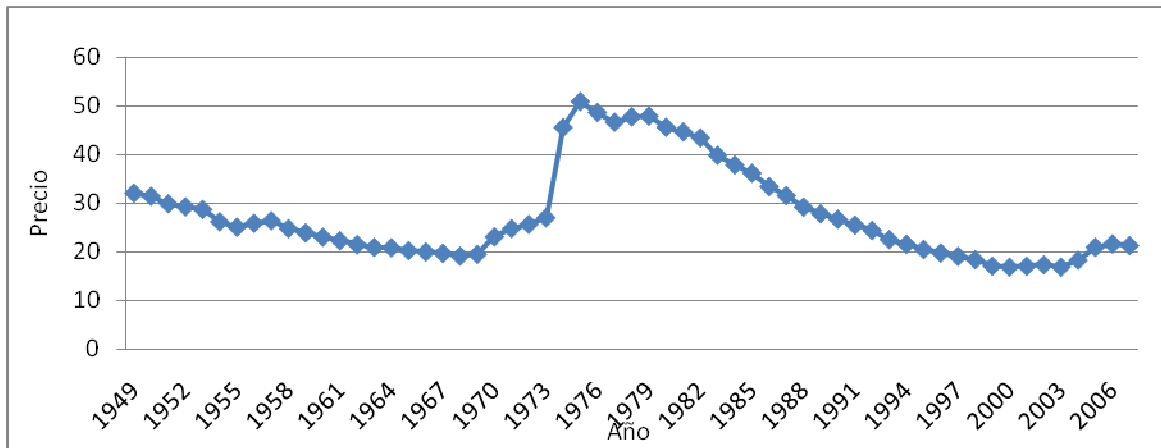
Notas: Año vs. Short Tons

Al realizar cálculos de ésta manera, se puede ver con claridad la falacia de los *stocks de reservas* crecientes. Si bien, hay muchas más cuestiones que considerar en relación a esto, vale la pena buscar mediciones alternativas a las

que ofrecen las instituciones a fin de evidenciar las relaciones entre el sistema productivo y la naturaleza.

La siguiente gráfica muestra la serie de tiempo de los precios del carbón:

Gráfica 5. Precio real del carbón. EEUU 1949-2007.



Fuente: International Energy Annual 2006.

<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/coal.html>

Notas: Año vs. Dólares por *Short Ton*

Aquí podemos ver que hay un salto importante en los precios a mediados de los años setentas. El valor máximo de los precios se encuentra en 1975. Ésta alza se debe a la *crisis de petróleo*. El impacto se tiene principalmente por dos motivos: 1) porque se usa petróleo para extraer carbón y 2) por su importancia como energético ante una incertidumbre por el futuro del petróleo y de los precios del petróleo. Después de este punto, la tendencia es a la baja y continúa descendiendo hasta que hay una pequeña alza del precio en el 2003.

Los precios del mercado actúan considerando los *stocks*, no las reservas. Si estos actuaran de acuerdo a la regla de Hotelling tendrían una tendencia a la alza. El sistema de precios de mercado no es consistente con la lógica según la cual este sistema actúa a partir de 1975 y no ha dado señales en el mercado mundial de carbón de que las reservas están disminuyendo. Tampoco está sucediendo que haya una posible valorización (en sus términos) de la base material para que en consecuencia se preserve. Mientras menos carbón hay en el

subsuelo los precios disminuyen, al grado de que los precios reales que se reportan en 2006 son 20% menores que los precios de 1949.

Contradictoriamente, las disminuciones en el *stock de las reservas* van acompañadas de disminuciones en los precios reales del carbón, lo cual es inconsistente con el sistema de precios de mercado, incompatible con la preservación del medio ambiente y con las generaciones futuras.

El daño ambiental que se genera en la extracción, comercialización, consumo y disposición final del carbón está omitido en las estadísticas. No se asume ni por medio del sistema de precios, ni pensando en el principio precautorio.

Aunque en el sistema de precios de mercado se lograra incluir un precio por la devastación ambiental considerado como una externalidad, este precio no garantizaría ni la conservación del material ni la conservación del medio ambiente. Lo que sucedería es que se estaría valorando monetariamente la destrucción del medio ambiente, lo cual sólo se puede hacer de manera parcial. Para que este fuera un mecanismo adecuado, sería necesario en primer lugar que se conocieran la totalidad o los principales efectos adversos, que se fijara el precio adecuado para estos efectos, y que se determinara la cantidad de materiales que se deben dejar a las generaciones futuras.

Además, de acuerdo a lo que se desarrolló en el capítulo 3, el efecto de la competencia en el mercado capitalista provoca siempre una disminución de los precios unitarios de lo que se comercializa. Aún en la etapa que vivimos del capital monopolista, los precios van a la baja, pues así los monopolios imponen barreras en la entrada a los posibles competidores. El precio de monopolio puede ser más elevado que el precio que se fija en un mercado competencia, pero aún así, éste tiende a la baja.

Poner precio a la destrucción ambiental implica poner precio a la riqueza material que la naturaleza nos brinda de manera gratuita y se asume la propiedad privada de la naturaleza, la cual lleva consigo la aceptación del despojo de la riqueza material a aquellos que carezcan de la riqueza en términos económicos.

Los verdaderos beneficiados de esto, son los poseedores de la riqueza económica.

La distribución de la riqueza es altamente desigual y la tendencia es que cada vez lo sea en mayor medida. En 1970, la relación de riqueza entre la quinta parte más pobre y la quinta parte más rica era de 1 a 30. Para 2004 cambió de 1 a 74. En 1960 el 70% de los ingresos globales beneficiaban al 20% de los habitantes más ricos. Para 1990 la relación cambió, el 83% de los ingresos globales benefician al 1.4% de la población más rica. El 2% de los medios de producción tangibles y el 37.7% de los activos financieros están en manos de menos del 0.5% de la población norteamericana. El ingreso anual de un africano es menor al ingreso mensual de un francés con salario mínimo. La cantidad de cereales destinados al ganado en los países del Norte, es superior en un 25% a los consumidos por los países del Sur. En Francia, las vacas reciben 2 euros al día en subsidios, más de lo que ganan 2,700 millones de seres humanos [Latouche, 2008: 50].

Conclusiones

Es necesario comprender la problemática actual que amenaza diversas formas de vida presentes y futuras en el seno de las leyes que rigen la naturaleza y de las leyes que explican a la sociedad. Sin esto, no podríamos hacer más que presentar análisis fragmentados de la situación, de los cuales surgen soluciones que no son necesariamente adecuadas o que agravan la situación.

Presentar un análisis que contenga la totalidad de relaciones sociales y de las causas naturales que se hace necesario comprender para evaluar de manera pertinente la situación actual puede ser sumamente complicado, debido a la inmensa cantidad de relaciones visibles y ocultas que se entretajan entre éstas y debido a la forma en que constantemente la naturaleza y la sociedad se están transformando. Aún así, lo que podemos ofrecer son líneas de investigación multidisciplinarias, cuyos aportes estén en esta dirección, sentando así precedentes para futuros análisis más complejos. Esto es lo que han hecho varios teóricos que se han considerado en este texto, particularmente retomemos a Karl Marx y a Nicholas Georgescu-Roegen.

El análisis de Karl Marx en su obra "El capital", presenta de manera crítica las relaciones sociales que actúan y que quedan mistificadas en el capitalismo. Es sabido que hubo una época de auge marxista a nivel mundial, pero en la actualidad se minimizan cada vez más sus aportes. Esto sucede no porque sea más o menos pertinente para estudiar a la sociedad o porque la economía que se desarrolló después de su época sea mejor para estudiar el sistema económico. Se ha quitado a Marx de los programas de estudio por cuestiones ideológicas, ya que denuncia y demuestra la manera en que la ganancia del capitalista no es más que la usurpación del trabajo ajeno; porque detalla cómo a través del dinero quedan ocultas las relaciones sociales; porque promueve la lucha de clases; por sus propuestas socialistas, etcétera.

Sin embargo, al eliminar a Marx de los programas de las universidades, lo que se está haciendo también es lucha de clases, sólo que nadie se espanta de

que sean los poderosos y los dueños del capital quienes hagan la lucha de clases. Cada vez que ellos actúan en detrimento de las condiciones de vida de los trabajadores, están haciendo lucha de clases, lo cual sería aterrador si proviniera de los asalariados.

Que la gente sepa esto no es deseable para los dueños del capital, por eso la economía que solemos llamar convencional centra sus esfuerzos en mistificar las relaciones y así desaparece de sus planteamientos la explotación del hombre por el hombre y la apropiación de la naturaleza por el hombre. Sin embargo, esto seguirá sucediendo, tanto como se le permita al capital.

El caso de Nicholas Georgescu-Roegen es distinto. Es un autor que no necesariamente congeniaba con la ideología del marxismo y que probablemente ni siquiera lo estudió a fondo, y sin embargo, cuando estudió la economía dominante se dio cuenta de que algo no estaba bien. Ese algo tenía que ver con la base material y con las leyes que la rigen. Esto no es algo que haya escapado al análisis de Marx y no lo llevó a cabo con la misma prioridad que lo hizo Georgescu, ni en el mismo momento histórico, ni utilizando los mismos argumentos.

A pesar de que Georgescu-Roegen hacía investigación desde el centro de la economía convencional, la mayor parte de sus colegas no voltearon a ver sus desarrollos y tuvieron que pasar años para que a Georgescu-Roegen se le reconocieran sus investigaciones, las cuales sólo están reconocidas de manera parcial por una parte de la economía que algunos gustan llamar economía ecológica y que no precisamente se encuentra en el seno de la economía dominante.

Para los que estamos interesados en este tema y creemos necesario incorporar la dimensión física al estudio de la economía, no podemos pasar por alto a este autor. Para los que estudian la economía desde la corriente dominante no ha llegado a ocupar un lugar central o secundario y probablemente muchos ni siquiera han leído un artículo de este tema.

En función con lo que hemos analizado en este texto, se plantea la incapacidad de la economía dominante de actuar a favor de la conservación de la

naturaleza. Como hemos visto, mientras la producción se encamine hacia el valor de cambio, los valores de uso son subordinados a esta lógica y son destruidos a la velocidad que le resulte rentable al capital.

La vocación del sistema capitalista está encausada hacia el crecimiento infinito, así que en sus términos resulta imposible la conservación. El capitalismo no tiene una cara sostenible, al seguir la lógica de la ganancia se enfrenta a una competencia constante que le implica aumentar el volumen de lo que produce, minimizar las distancias, incorporar tecnología, volver a la naturaleza capital. Los mecanismos del mercado son inconsistentes de manera interna y son incompatibles con la conservación. La lógica del capitalismo se centra en el corto plazo y no puede asignar *recursos* a las futuras generaciones de manera adecuada. El problema de la asignación es de carácter ético. La economía por principio no las considera, ya que no contribuyen con su ganancia presentes y tomarlas en cuenta implicaría que el ciclo económico disminuyera su velocidad o incluso se detuviera.

Tomando en cuenta las restricciones físicas y de la capacidad de carga del planeta, tarde o temprano el capitalismo dañará tanto sus condiciones de producción que se verá imposibilitado a seguir su misma lógica. Pero lo fundamental aquí es que no sólo está en juego la *sustentabilidad* del capitalismo o el capitalismo por sí mismo, está en juego el futuro de las formas de vida.

En vista de lo anterior, es fundamental reconocer que la solución a la problemática ambiental y social que vivimos actualmente no se puede dar dentro del sistema capitalista de producción. Es necesario buscar alternativas a este sistema, las cuales deben llevar a cabo la producción a favor del valor de uso, sin crear necesidades artificiales, ni valores de uso que sean obsoletos de fábrica. Para dar paso a ello, lo necesario es buscar aquellos lugares que no han sido apropiados por el capitalismo o que no dependen tan fuertemente de las estructuras capitalistas de producción. Es fundamental revertir la tendencia globalizadora del capitalismo, la cual tiene impactos ecológicos desastrosos y actúa en contra de la diversidad cultural quitándole su riqueza.

Dado que los valores de uso responden no sólo a las necesidades biológicas, sino a las necesidades históricas, sería indispensable una jerarquía de estos valores de uso, donde los que estén más arriba de la escala jerárquica sean los que sirvan para la conservación de las formas de vida.

En este sentido es que él propone el programa de bioeconomía,¹⁵ el cual parte de proponer la prohibición de cualquier armamento de guerra, la disminución gradual de la población (a modo que se pueda alimentar sólo con agricultura orgánica), evitar la transformación excesiva y desperdicio de la energía libre, evitar las mercancías extravagantes que son inútiles y tienen un gran costo ecológico, superar la moda y lo que resulta obsoletamente artificial.

Otra propuesta que propone Serge Latouche retomando planteamientos de Georgescu-Roegen recae en la sociedad del decrecimiento.¹⁶ Esta sociedad deja de lado el paradigma del crecimiento en términos económicos y propone llevar al sistema en dirección contraria que no representa crecimiento ni desarrollo. La opción es el decrecimiento. Notemos que ir en sentido contrario no es lo mismo que retroceder, lo cual es imposible.

En esta propuesta se apunta a que vayan decreciendo las necesidades que tenemos, lo que producimos, lo que consumimos, las distancias que recorren los productos antes de llegar a su consumidor final, etcétera. El punto delicado es que decrecimiento (en términos del PIB) no significa conservación, así es que este decrecimiento debe ser llevado a cabo de manera que siempre se esté dentro de la capacidad de carga del planeta y que sea equitativo para toda la población.

Lo que Latouche explica muy bien en *La apuesta por el decrecimiento* es cómo nuestro imaginario ha sido colonizado por el ideal de vida impuesto por el capitalismo y por eso nos aferramos al extravagante estilo de vida que llevamos. Como dijera Georgescu-Roegen: “la especie humana parece estar decidida a llevar una existencia corta pero extravagante” [citado por Carpintero, 2000:1]

¹⁵ Este programa se puede consultar en: Georgescu Roegen, N. *Bioeconomics and Ethics*. Third World Congress of Social Economics. California. 1983. Se presenta una síntesis en Carpintero 2000: 30.

¹⁶ Se puede consultar Latouche, 2008.

Cualquier propuesta que atente al capitalismo no se puede dar sin una lucha social, así que una sociedad de decrecimiento o una *bioeconomía*, tiene que ser defendida por la sociedad civil. El problema de cómo transitar hacia una sociedad no capitalista es muy delicado y no hay una respuesta que pudiera ser útil para distintas sociedades. Ya que de haberla, se estaría actuando en contra de la diversidad cultural de cada lugar. Aún con la tendencia globalizadora del capital, cada sociedad tiene distinta problemática y necesita encontrar su propia manera de enfrentarla. Lo único que se puede hacer es sugerir posibles caminos, pero lo decisivo se encuentra en la acción de la sociedad civil, la cual tiene que atreverse a reconocer como ha sido enajenado por la lógica que impone el mercado, decirle no, y actuar en contra de sus imposiciones.

Es necesario empezar a abandonar las grandes ciudades, ya que éstas son por excelencia los lugares que el capitalismo ha construido para desarrollarse calvamente. No debemos esperar a que la problemática ambiental y la dependencia con el exterior haga a las ciudades inhabitables. Cuando la problemática ecológica se agudice, tendrá lugar una gran cantidad de conflictos sociales y bélicos con el fin de apropiarse de la base material que permanezca como valor de uso. Es necesario vivir en comunidades que sean autosustentables y que tengan como centro la conservación de los valores de uso. Es fundamental que todos sus miembros tengan acceso a dichos valores y que se elimine la subsunción de estos a la lógica del valor de cambio. La división del trabajo tiene que darse a manera de que resulte una actividad útil a la comunidad y a la persona que la realiza. Los medios de producción deben ser propiedad de la comunidad y la naturaleza no puede entrar en lógica del valor de cambio.

Aunque esto pueda parecer ir en contra de la modernidad, es indispensable reconocer que los beneficios de ésta no se han repartido equitativamente y que perseguirla nos impide encontrar un camino acorde a la capacidad de carga del planeta y al *disfrute de la vida*.

Necesitamos quitarnos la venda de los ojos que el mercado nos ha puesto y analizar profundamente la problemática que nos aqueja, para tomar acciones concretas y frenar el deterioro ambiental.

Para hacer una propuesta concreta de una sociedad que no dirija su producción en aras del valor de cambio, habría que hacer muchísimas más consideraciones de las que se han hecho en estas líneas y que por el momento escapan de los objetivos de este texto. Sin embargo, se queda abierta una línea argumental para continuar con este tema.

Anexo. Series de Tiempo.

Tabla 1. Serie de tiempo para el carbón, 1949-2005. EEUU.

Año	Stock*	Importaciones Netas**	Consumo**	Producción**	Precios reales***
1949	49,465,814	-32,470,000	63,192	63,637	32.05
1950	77,294,630	-28,995,000	73,417	72,718	31.4
1951	81,843,552	-62,359,000	78,094	79,331	29.86
1952	82,426,040	-51,944,000	67,356	68,254	29.24
1953	86,587,571	-36,226,000	77,696	78,837	28.67
1954	75,664,755	-33,687,000	59,121	59,662	26.12
1955	71,691,016	-54,092,000	76,145	75,302	25.02
1956	81,349,210	-73,441,000	73,324	74,483	25.83
1957	83,739,708	-80,410,000	74,433	75,951	26.35
1958	78,650,536	-52,262,000	52,658	53,604	24.73
1959	78,353,952	-38,663,000	54,668	55,864	23.85
1960	75,160,382	-37,719,000	56,946	57,229	22.96
1961	73,001,072	-36,240,000	52,089	51,711	22.23
1962	71,261,992	-39,975,000	51,823	51,910	21.42
1963	71,516,229	-50,163,000	55,002	54,278	20.87
1964	76,743,266	-49,251,000	62,637	62,145	20.79
1965	78,639,806	-50,848,000	65,379	66,854	20.19
1966	75,623,973	-49,890,000	66,020	67,402	19.93
1967	94,560,276	-49,896,000	61,572	64,580	19.63
1968	87,028,562	-50,931,000	62,438	63,653	19.07
1969	81,933,559	-56,752,000	66,166	64,757	19.43
1970	93,033,701	-71,697,000	63,207	66,525	23.03
1971	90,954,870	-57,193,000	56,689	57,436	24.73

1 de 3

1972	116,752,939	-56,693,000	60,046	60,507	25.59
1973	117,155,204	-53,460,000	65,765	64,325	26.97
1974	108,237,168	-58,581,000	64,092	61,581	45.56
1975	140,391,216	-65,369,000	53,692	57,207	50.92
1976	148,898,944	-58,818,000	56,834	58,333	48.66
1977	171,543,397	-52,665,000	54,144	53,509	46.66
1978	166,605,814	-37,761,098	56,948	49,009	47.77
1979	202,811,597	-63,982,796	53,826	52,943	47.93
1980	228,406,667	-90,548,320	41,278	46,132	45.61
1981	209,423,288	-111,497,522	44,046	42,786	44.66
1982	232,037,612	-105,534,550	25,776	28,115	43.44
1983	202,584,250	-76,501,316	29,850	25,808	39.84
1984	231,300,325	-80,197,161	29,737	30,399	37.85
1985	203,366,746	-90,727,442	29,057	28,438	36.15
1986	207,319,258	-83,306,175	24,728	24,917	33.39
1987	213,780,019	-77,860,123	27,654	26,304	31.52
1988	188,830,864	-92,888,984	30,021	28,945	29.16
1989	175,086,550	-97,963,533	28,934	28,045	27.78
1990	201,628,678	-103,104,494	27,811	27,617	26.67
1991	200,681,913	-105,578,802	24,248	24,046	25.45
1992	197,685,109	-98,713,432	25,030	23,410	24.34
1993	145,741,782	-66,338,358	24,697	23,182	22.46
1994	169,358,478	-62,488,760	25,563	22,686	21.5
1995	169,083,050	-79,074,197	25,845	23,749	20.44
1996	151,626,969	-82,357,378	23,974	23,075	19.71
1997	140,373,697	-76,058,055	24,018	22,116	19.01
1998	164,602,044	-69,323,963	23,108	20,041	18.32
1999	188,590,211	-49,386,509	22,422	20,016	16.99

Continuación...

2 de 3

2000	140,281,591	-45,976,170	23,242	20,808	16.78
2001	181,911,694	-28,878,739	20,202	18,949	16.97
2002	192,126,666	-22,725,812	19,603	16,778	17.26
2003	165,467,552	-17,969,538	19,437	17,173	16.78
2004	154,005,698	-20,717,891	22,491	16,909	18.21
2005	144,303,985	-19,481,862	18,238	16,719	20.88
2006	186,946,116	-13,401,293	18,785	16,404	21.58
2007 ^P	189,443,482	-22,816,256	17,269	16,201	21.23

Continuación...

2 de 3

Fuente: *Coal Information 2006* publicado por la *Energy Information Administration*
<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/coal.html>

Notas: *Miles de *short tons*. ** *Short tons*. *** *Dólares americanos, base 2000*. P –
valor estimado

Bibliografía.

AGUA CONTAMINADA E INFERTILIDAD. (2009). BBC Mundo. Enero 19.
Disponible en:

http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7838000/7838134.stm

ALTVATER, Elmar. (1993). *The future of the market. An essay on the regulation of Money and nature after the colapse of actually existing socialism*. Verso. Nueva York. Estados Unidos.

----- y MAHNKOPF, Birgit. (2002). *Las limitaciones de la globalización: Economía, ecología y política de la globalización*. Siglo XXI en coedición con el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM. México.

BORÍSOV, ZHAMIN Y MAKÁROVA. (1965). *Diccionario de Economía Política*. [En línea]. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/dic/bzm/index.htm>

BRAND, Ulrich. (2005). "El orden agrícola mundial y la sustentabilidad tecnológica: conflictos, poder y políticas internacionales en el área de los recursos genéticos agrarios desde la postguerra hasta hoy". [En línea]. En *¿Un mundo patentado?: La privatización de la vida y del conocimiento*. Ediciones böll. Consejo editorial: Jorge Villarreal, Silke helfrichy Alejandro calvillo. Disponible en:

http://www.boell-latinoamerica.org/download_es/libro_biopolitica.pdf

CAMBIO CLIMATICO. (2006). *LA TEMPERATURA TERRESTRE REGISTRA LOS NIVELES MAS ALTOS DE LOS ÚLTIMOS 1200 AÑOS*. [En línea]. ([Actualites News Environnement](#)). Jueves, 28 Septiembre. Berlín, Alemania. Disponible en

internet: <http://www.cambio-climatico.com/la-temperatura-terrestre-registra-los-niveles-mas-altos-de-los-ultimos-12000-anos>.

CAFFERATTA, N. (2004) . “El Principio Precautorio” Instituto Nacional de Ecología. Disponible en:
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/444/cap1.html>

CAPRA, F. (1996). *El punto crucial: Ciencia, Sociedad y Cultura naciente*. Ed. Troquel. Buenos Aires, Argentina.

CARPINTERO, Oscar. (2000). “La bioeconomía de Nicholas Georgescu-Roegen”. *Fundación 1° de Mayo*. Documento de trabajo 4.

CDIAC. (1998). *HISTORICAL CO₂ RECORDS FROM THE LAW DOME DE08, DE08-2, AND DSS ICE CORES*. [En línea]. 26 de junio. Disponible en:
<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html>

DICCIONARIO DE ECONOMÍA POLITICA. (1985). Editorial Progreso. Moscú.

DECLARACIÓN DE RIO. (2003) [En línea]. 31 de octubre. Disponible en:
<http://www.ecoportel.net/content/view/full/11995>

EHRlich, Paul. EHRlich, Anne. HOLDREN, John. (1989). “Disponibilidad de entropía y la leyes de la termodinámica”. *En H. Daly (comp). Economía, Ecología y Ética: Ensayos hacia una Economía en Estado Estacionario*. Fondo de Cultura Económica. Pp. 56-60.

ELDREDGE, Niles. (2001). “La Sexta Extinción”. [en línea]. Actionbioscience. Washington, D.C. Junio. Disponible en internet:
<http://www.actionbioscience.org/esp>.

FACCIANO, L. (2001). “La Agricultura Transgénica y las regulaciones sobre bioseguridad en la Argentina y en el orden internacional. Protocolo de Cartagena

de 2000". En: Tercer Encuentro de Colegios de Abogados sobre Temas de Derecho Agrario. Instituto de Derecho Agrario del Colegio de Abogados de Rosario, Argentina.

[FEMINIZACIÓN AMENAZA CON EXTINGUIR PECES. \(2007\). La jornada. 23 de mayo. Disponible en:
http://www.jornada.unam.mx/2007/05/23/index.php?section=ciencias&article=a03n2cie.](http://www.jornada.unam.mx/2007/05/23/index.php?section=ciencias&article=a03n2cie)

FOSTER, Bellamy. (2004). *La Ecología de Marx: Materialismo y naturaleza*. Ediciones de Intervención Cultural El viejo Topo. Madrid, España.

GENERAL TABLES OF UNITS OF MEASUREMENT. (2006). (*National Institute the Standar and Tecnology -NIST*). Abril. Gaithersburg, Maryland, Estados Unidos.Disponible en Internet:
<http://ts.nist.gov/WeightsAndMeasures/Publications/appxc.cfm>

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. (1989). "La ley de la entropía y el sistema económico". En Herman Daly, (Comp.) *Economía, Ecología y Ética: Ensayos hacia una Economía en Estado Estacionario*. Fondo de Cultura Económica.. Pp. 61-72.

----- (1996) *La Ley de la entropía y el proceso económico*. Ed. Visor. España.

----- (1983) *Bioeconomics and Ethics*. Third World Congress of Social Economics. California.

HABRÁ DESPLOME MUNDIAL DEL PIB Y DESEMPLEO POR CAMBIO CLIMÁTICO. (2009). La Jornada. 12 de agosto. Disponible en:
<http://www.jornada.unam.mx/2009/08/12/index.php?section=sociedad&article=036n1soc>

HANSON, Jay. (2004) *Cinco errores fundamentales [en línea]*. Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos. España. Febrero. Disponible en: <http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20031016182139855>

HECHT, Eugene. (1987). *Física en perspectiva*. Adisson Wesley Iberoamericana. Wilmington, Estados Unidos.

HEWITT, Paul. (2004). *Física conceptual*. Pearson Educación, México.

INTERNATIONAL ENERGY ANNUAL 2006. (2008). *Coal Information*. [En línea]. (Energy Information Administration). [Junio-Diciembre. Disponible en internet: http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/coal.html.](http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/coal.html)

INTERNATIONAL MONETARY FOUND. (2009) [World Economic Outlook Database](http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2009/01/weodata/index.aspx). Abril. Disponible en:

<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2009/01/weodata/index.aspx>

JUANES, Jorge. (1980). *Historia y naturaleza en Marx y el marxismo*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, México.

LATOUCHE, Serge. (2008). *La apuesta por el decrecimiento. ¿Cómo salir del imaginario dominante?* Icaria. Barcelona, España.

LEFF, Enrique. (1986). *Ecología y capital: Hacia una perspectiva ambiental del desarrollo*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

LÓPEZ, Pedro. (1986) *Marx y la crisis del capitalismo*. Quinto Sol. México.

MANDEL, Ernest. (1986). *Las ondas largas del desarrollo capitalista. La interpretación marxista*. Siglo XXI. España.

MARTÍNEZ, Joan. (1997) *La ecología y la economía*. 1ª. Reimpresión. Fondo de Cultura Económica. Colombia..

----- (2006). *El ecologismo de los pobres: Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. 2ª. ed. Icaria. Barcelona, España.

----- y ROCA Jusment, Jordi. (2001). *Economía ecológica y política ambiental*. 2ª. ed. Fondo de Cultura Económica. México.

MARTÍNEZ, Sergio. (2009). Tesis doctoral: *La ciudad y el ambiente como un solo sistema: El suelo de conservación y su carácter estratégico para la dinámica urbana del Distrito Federal*. UNAM. México.

MARX, Karl (2007) (1). *El Capital*. Libro 1. Vol. 1. 6ta. ed. Siglo XXI. México.

----- (2007) (2). *El Capital*. Libro 2. Vol. 4. 6ta. ed. Siglo XXI. México.

----- (2007) (3). *El Capital*. Libro 3. Vol. 6. 6ta. ed. Siglo XXI. México.

MEDELLIN, Pedro. (1998). “El principio precautorio: es tal vez el punto más importante de la agenda para la sostenibilidad del planeta” en Pulso. Diario de San Luis. Sección ideas. Página 4ta del jueves 20 de agosto de 1998. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.

MENSAJE DEL SECRETARIO GENERAL EN EL DÍA MUNDIAL DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN Y LA SEQUÍA. (2009). Naciones Unidas. 17 de junio. Disponible en:

<http://www.un.org/spanish/sg/messages/desertificationday2009.html>

MONTAGUE, P. Environmental. Reserch Foundation. Boletín sobre Salud y medio ambiente "Rachel", números 264, 510, 586, 622, 661, 7014, 726, 741. Disponible en: <http://www.rachel.org/bulletin>

O'CONNOR, James. (2004). "Es posible el capitalismo sostenible" en *Papeles de la población*. Abril-junio, número 24. Universidad Autónoma del Estado de México. México. Pp. 9-35.

----- (2001) *Causas naturales: Ensayos de marxismo ecológico*. Siglo XXI. México.

POLASKY, Stephen. (2006) *Economía y Ecología* [entrevista en línea]. Actionbioscience. Washington, D.C. Junio. Disponible en internet: <http://www.actionbioscience.org/esp>

RABADAN, José y LUFFIEGO, Máximo. (2000). "La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza" en *Enseñanza De Las Ciencias*. España. 18 (3). Pp. 473-486.

SANTOS, Milton. (1990). *Por una geografía nueva*. Espasa Calpe. España.

SCHMIDT, Alfred. (1976). *El concepto de naturaleza en Marx*. Siglo XXI. México.

TENDENCIAS. (2005). NUESTRO UNIVERSO TENDRIA SEIS DIMENSIONES OCULTAS [En línea] (Tendencias científicas). Viernes 14 de octubre. Disponible en: http://www.tendencias21.net/Nuestro-Universo-tendria-seis-dimensiones-ocultas_a750.html.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2001) "Diccionario de la lengua española". Vigésima segunda edición. Disponible en: <http://www.rae.es/rae.html>

TIPLER, Paul. (1995). Física. Vol. 1. 3ª. ed. Reverté. Barcelona, España.