

**Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Economía**



“Evolución de las teorías económicas de los recursos naturales y de la tecnología: Hacia una teoría de la Tecnología Sustentable.”

Tesis Profesional

**Que para obtener el Título de
Licenciado en Economía Presenta:
Remzi Marenglen Xhemalce Fuentes**

Asesor: Mtro. Luis Adalberto Berlanga Albrecht



México D. F. Febrero del 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



Impreso en papel reciclado, libre de cloro y ácido.



*Para mi Madre Sonia Fuentes, Guanita, my familia y mis
amigos pero en especial;*

en memoria de...

Lydia del Carmen de la Fuente Rodriguez.

índice

Prefacio.....	7
----------------------	----------

Primer Capítulo:

La Tecnología, la economía y la ecología	13
---	-----------

1.1.-Introducción	13
--------------------------------	-----------

1.2.- El Problema del Deterioro Ambiental.....	15
---	-----------

1.3.- Definición de conceptos.	21
--	-----------

1.3.1) <i>¿La Tecnología Puede ser Sustentable?</i>	22
---	----

1.4.- Aspectos económicos básicos de la tecnología.	26
---	-----------

1.4.1) <i>Los Sistemas Tecnológicos.</i>	27
---	----

1.4.2) <i>Tipos de Cambios Tecnológicos</i>	28
---	----

1.4.3) <i>Transferencia y Difusión de Tecnología</i>	33
--	----

1.5.- Economía y Ecología.	38
--	-----------

Segundo Capítulo:

La Economía y la Ecología.....	43
---------------------------------------	-----------

2.1.- La Teoría Económica y la Ecología.	44
--	-----------

2.1.1) <i>Antes de la Escuela Clásica.</i>	45
---	----

2.1.2) <i>La Economía Clásica y el papel de los recursos naturales.</i>	46
--	----

2.1.3) <i>Marxismo y Ecología</i>	50
---	----

2.1.4) <i>La visión Neoclásica sin la Ecología.</i>	52
--	----

2.1.6) <i>Arthur C. Pigou y la Economía del Bienestar.</i>	56
---	----

2.2.- La Economía de los Recursos Naturales.	60
--	-----------

2.2.1) <i>Antecedentes</i>	60
----------------------------------	----

2.2.1) <i>La consolidación de la Economía de los Recursos Naturales</i>	67
---	----

2.2.2) <i>La Economía Ambiental.</i>	69
---	----

2.2.3) <i>La Economía Ecológica.</i>	73
---	----

Tercer Capítulo:

La Tecnología y la Economía.....	81
---	-----------

3.1 Economía Clásica	81
3.2 El pensamiento Marxista.	85
3.2.1) <i>Desarrollo de la Teoría Marxista de la Tecnología:</i>	86
3.2.2) <i>El pensamiento Tecnológico consolidado de Marx:</i>	88
3.3 La visión Neoclásica de la Tecnología.	99
3.3.1) <i>La neutralidad del Progreso Técnico</i>	101
3.3.2) <i>Las críticas a la teoría ortodoxa</i>	103
3.3.3) <i>La crítica de Cambridge</i>	105
3.4 La visión de Schumpeter	108
3.5 La Teoría Económica de la Tecnología después de Schumpeter	112
3.5.1) <i>La hipótesis del Empuje Tecnológico</i>	113
3.5.2) <i>Schmookler y la hipótesis de la Presión de la Demanda</i>	113
3.6 La Teoría Evolucionista de la Tecnología	115
3.6.1) <i>Antecedentes</i>	115
3.6.2) <i>Autores Principales</i>	117
Cuarto Capítulo:	
La Tecnología Sustentable.....	125
4.1.- La Tecnología y la Estimación del Desarrollo Sustentable.	125
4.1.1) <i>Midiendo el Desarrollo Sustentable.</i>	126
4.1.2) <i>Tecnología Sustentable Pura y Figurada.</i>	132
4.2.- Aspectos y Conceptos Básicos de la Tecnología Sustentable.	135
4.2.1) <i>El replanteamiento de los conceptos Tecnológicos en torno al Desarrollo Sustentable.</i>	135
4.2.2) <i>Los Cambios Tecnológicos para el Desarrollo Sustentable..</i>	138
4.2.4) <i>La Difusión de las Tecnología Ambiental y Sustentable.....</i>	144
Conclusiones.....	145
Epilogo.....	155
Bibliografía.....	157

Prefacio

El mundo está cambiando a un ritmo gigantesco; en los últimos 200 años el mundo ha visto cambios tecnológicos sin precedentes, que han llevado a la degradación del medio ambiente. Este proceso, generalmente llamado, progreso tecnológico le ha costado al planeta mucho; se vive en una sociedad que ha modificado sus patrones de consumo y de reproducción al grado en que estas han resultado perjudiciales para el medio ambiente; siendo el ser humano contemporáneo, dependiente de necesidades psicológicas aparentemente infinitas, incompatibles con el mundo natural. La idea de desarrollo económico al ser basada en este tipo de ideas de consumo y producción, ha adaptado y utilizado la tecnología como una de sus principales herramientas; dentro de éste trabajo se denominará dicha teoría como “ortodoxa”. La tecnología ha sido utilizada de forma incompatible con la naturaleza y por lo tanto incompatible con el desarrollo económico. En sí, no se puede culpar al desarrollo tecnológico de la degradación ambiental; es posible un desarrollo económico en base a la aplicación tecnológica que no lleve a afectar los recursos planetarios fuera de lo concebido como necesario para el desarrollo sustentable; el desarrollo no tiene que significar la condena al mundo. La teoría económica debe de medir los costos reales del deterioro ambiental y social a causa del desarrollo tecnológico y a la tecnología utilizada. Como se describe en Stern¹ y en Porter y Van del Linde², es más económicamente viable a largo plazo invertir en el desarrollo e implementación de tecnologías ambientales y sustentables que en tecnologías convencionales. Así puede ser más conveniente utilizar tecnología que no cause males a largo plazo aunque por ahora aparenten ser más caras, que seguir utilizando los mismos patrones de desarrollo tecnológico que han llevado a una creciente contaminación y disipación de la energía en el mundo.

¹ Stern (2006) pág. xix - xx

² Porter y Van del Linde (1995) pág. 97 - 118

La tecnología deberá proporcionarnos un desarrollo “real” (sustentable), esto es un desarrollo económico que no cause efectos colaterales a largo plazo³, para este mundo “cerrado” que siguiendo la analogía de Boulding⁴, es como una nave espacial flotando en el universo con recursos limitados.

En éste trabajo se tomará la energía disponible para la utilización humana como un factor en buena medida conocido; dado esto, se convierte en una aparente obligación “intergeneracional⁵”, la administración correcta de los recursos, para que el mencionado desarrollo real incluya a todas las futuras generaciones humanas posibles. A su vez, si se supone en base a Meadows⁶, que los “límites de carga” del planeta se encuentran actualmente sobre pasados, es necesario idear la mejor forma de regresar al planeta a sus límites de carga para que quede lo menos alterado posible. Lo que puede llevar a considerar a *priori*, que para conseguir un desarrollo sustentable mundial se debe pasar por un largo y probablemente difícil camino, que puede llevar a replantear las ideas del desarrollo económico, una de estas ideas probablemente sea aquella que cuestione la correcta relación entre el estado del progreso tecnológico y los patrones de consumo entre los individuos; una relación en aras del desarrollo que no deberá causar una disipación de la energía por la actividad humana más allá de un límite estimado⁷ (considerado) para el desarrollo sustentable. A su vez, la distribución equitativa del ingreso en la sociedad es de gran relevancia para poder llegar a una correcta relación de consumo y estado de la tecnología, por lo que probablemente sea necesario, como veremos en el último capítulo un desarrollo económico inicial enfocado en la Tecnología Ambiental, buscando un crecimiento económico inicial

³ Como ha pasado con el desarrollo de las máquinas de combustión interna que a pesar de haber generado gran crecimiento económico, su utilización es de las principales responsables del calentamiento global, el cual tiene la capacidad para destruir mucho más de lo que ha beneficiado dicha tecnología.

⁴ Véase Boulding (1965)

⁵ Del prefijo “entre varios” obligación entre varias generaciones.

⁶ Véase Meadows (1992)

⁷ Como advertencia al lector, en este trabajo encontrará varias veces los términos figurado, estimado; más que sus interpretaciones matemáticas se utilizan sus interpretaciones literarias hacia la consideración e interpretación de los hechos.

que permita nivelar los estándares de vida de las diferentes sociedades humanas. Después de abandonar ésta etapa de crecimiento se podrá llegar a la etapa de desarrollo sustentable que haga más eficiente el proceso de distribución y uso de la energía, satisfaciendo primordialmente las necesidades básicas humanas, necesidades que se espera podrán irse incrementando (crecimiento solo posible por la tecnología) con el paso del tiempo sin afectar los recursos reservados para el futuro.

En éste trabajo se considera el calentamiento global como un efecto climático “antropogénico⁸” que ha sido causado en gran medida por las políticas de crecimiento ortodoxo inadecuado que ha seguido el mundo en los últimos 200 años políticas que han buscado la disipación energética generalmente utilizando altas cantidades de energía almacenada en la tierra en forma de combustibles fósiles (carbón, petróleo, etc.) y biológicos; extrayendo la energía de éstos de una forma altamente contaminante. Las políticas de desarrollo tecnológicas generalmente se han basado en la economía ortodoxa; que mayormente guía el desarrollo tecnológico de una forma que como se analiza en éste trabajo pudiese ser incorrecta; por lo que los problemas ambientales y del desarrollo que enfrenta la humanidad deben de ser combatidos desde una perspectiva un tanto diferente; ante ésta premisa, surge la hipótesis de este trabajo en la que se considera que “la visión ortodoxa económica⁹ de la naturaleza y la visión ortodoxa económica de la tecnología como tales, probablemente no sean las mejores herramientas para desarrollar una teoría de la tecnología sustentable”.

Siguiendo la lógica del análisis de ésta hipótesis, en el primer capítulo de este trabajo se da una introducción al problema, identificando el problema tecnológico económico, que ha llevado a un “nuevo¹⁰” problema; el ambiental. La evolución¹¹

⁸ Generada por el hombre.

⁹ Se considera como “visión ortodoxa” a aquella visión imperante surgida a partir de la teoría Neoclásica. Esta teoría ha tenido cambios sustanciales a lo largo de los años tanto desde el lado de la economía de los recursos naturales como desde el lado de la tecnología; por lo que se opta por tomar el nombre de ortodoxas.

¹⁰ Se dice nuevo por que solo recientemente ha sido considerado por la teoría económica.

de la sociedad en los últimos 200 años pudiese estar en una senda de crecimiento y desarrollo económico¹² mal enfocada, la dispersión de energía parece ser la base del desarrollo a largo plazo, cuando las leyes naturales parecen indicar todo lo contrario. ¿Pero entonces la Economía contradice a la Ecología? La respuesta puede ser “no”, como se desarrolla en al final del segundo capítulo, simplemente puede que la economía ha realizando mal sus cálculos¹³.

La introducción de nuevos esquemas de desarrollo al igual que de nuevas tecnologías para éste, conlleva a problemas políticos y sociales de considerables dimensiones debido al desarrollo desigual que han sufrido naciones y sociedades. El informe Stern analiza muchas de estas implicaciones y a su vez concluye que es necesaria la pronta acción, en gran parte gracias a la aplicación de tecnologías que permitan un desarrollo sustentable. Siguiendo con la lógica introductoria del trabajo se hace una breve descripción de los conceptos económicos del cambio tecnológicos, conceptos que serán abordados nuevamente el cuarto capítulo incluyendo un enfoque de tecnológico sustentable.

Para el correcto desarrollo de una crítica de la visión económica ortodoxa de los recursos naturales, es preciso analizar y valorizar la evolución de las teorías económicas en este aspecto. Así en el segundo capítulo se examinan algunas de las más importantes formas en que la teoría económica ha considerado la relación que tiene la economía con la naturaleza; relación que ha cambiado a lo largo del tiempo acercando y alejando la misma hasta llegar al punto actual, en que ciertas teorías acertadamente de nueva cuenta relacionan a la naturaleza con el proceso económico. Se intenta destacar los puntos en que la teoría ortodoxa podría ser más vulnerable a la hora de hacer valoraciones en cuanto al desarrollo sustentable. La Economía Ambiental y en especial la Ecológica que analizamos al

¹¹ Cabe destacar que en este trabajo se utiliza en termino “evolución” de una forma social más que biológica , la evolución se entiende como un proceso de adaptación , en este proceso no se ve si es benéfico o no , solo se ve como un proceso que busca la adaptación, cuyos resultados pueden ser vistos posteriormente.

¹² En este trabajo haremos referencia al término desarrollo económico, como simplemente desarrollo.

¹³ La economía puede haber estado cometiendo un grave error al excluir en sus abstracciones teóricas los efectos de la degradación de los recursos naturales; puede ser que la teoría económica ortodoxa haya subvalorado el papel de los recursos naturales en el proceso económico.

final del capítulo han destacado varios puntos en los cuales podría fallar la economía ortodoxa para el cálculo más adecuado de un desarrollo sustentable y por ende de una tecnología sustentable.

Continuando con el análisis, en el tercer capítulo se aborda la forma en que la teoría económica ha tomado al cambio tecnológico; comenzando con los pensadores clásicos y terminando con la teoría evolucionista de la tecnología; ésta síntesis nos permite distinguir dos grandes formas de ver a la tecnología; una la más utilizada en la forma ortodoxa, en que se aprecia la tecnología de una forma exógena al sistema y otra alternativa; que ve a la tecnología como endógena al sistema, representada por las teorías marxistas y evolucionistas primordialmente. En dicho capítulo se resalta la teoría evolucionista, que dentro de su crítica a la teoría ortodoxa aporta argumentos que pueden ser claves para la idealización de una forma más adecuada para el análisis económico de la tecnología en cuanto al desarrollo sustentable.

Finalizando el trabajo, en el cuarto capítulo, en primer lugar y en base a lo visto en los capítulos predecesores se da un breve panorama teórico económico sobre los principales conceptos económicos del cambio tecnológico, incorporando la visión de la sustentabilidad para la tecnología. En la segunda parte del capítulo resumiendo lo analizado en los dos capítulos anteriores, se intenta mediante el método histórico analítico utilizado a lo largo del trabajo, aceptar o rechazar la hipótesis. ¿La teoría ortodoxa es o no es capaz de establecer una teoría correcta de la tecnología sustentable? Ante la respuesta se establecen algunos conceptos básicos de la tecnología aplicados a la tecnología sustentable, se analiza uno de los principales problemas en la estimación de la sustentabilidad la medición y la determinación de lo que es el desarrollo real, como desarrollo sustentable.

Se concluye con algunas propuestas para el desarrollo sustentable, desarrollo que se supone solo podrá ser alcanzado con la aplicación de una tecnología adecuada para cada momento en el proceso de desarrollo sustentable. Como advertencia al lector; se supone en este trabajo que no puede existir desarrollo

sustentable sin un inicial crecimiento económico dentro de sociedades subdesarrolladas, que sea encaminado a la equidad y a su vez no puede existir ninguna de las anteriores sin un cambio tecnológico incremental continuo, que sea encaminado por la sociedad en su conjunto hacia el desarrollo sustentable. En este trabajo se critica por una parte el determinismo tecnológico característico de la teoría ortodoxa sin embargo se reconoce a la tecnología como la causa primordial en dirigir el desarrollo sustentable.

Primer Capítulo:

La Tecnología, la economía y la ecología

1.1.-Introducción

Es un hecho que el progreso tecnológico ha sido la fuerza central que nos ha conducido hacia el crecimiento económico, desde la primera revolución industrial. Dicho progreso tecnológico por lo tanto es también responsable en alguna medida de la degradación ambiental antropogénica y el aumento de la entropía¹⁴ que ha sufrido el mundo en el mismo periodo.

Al cada vez ser más importante la visión ecológica de la economía¹⁵ es mas sencillo darse cuenta que para ciertos casos el crecimiento obtenido puede haber afectado más al desarrollo que beneficiado; esto en parte debido a la utilización de “tecnologías incorrectas”. ¿Pero por qué tecnologías que parecían ser las indicadas para el desarrollo no resultaron serlas; podría ser que la teoría no fuese la adecuada? Desde los modelos económicos ortodoxos¹⁶ que suelen ser los más aceptados teóricamente por los economistas¹⁷ y en base a los cuales se han desarrollado las políticas de desarrollo contemporáneas, se muestra que el desarrollo tecnológico es fuente exógena de crecimiento económico, como describe Rosenberg que parece hacer que la productividad crezca repentinamente dentro de lo que se ha llamado una “caja negra”¹⁸; esto es que solo se observan los insumos que entran a un sistema productivo y los productos que salen del mismo, midiendo la productividad del proceso no importando tanto la tecnología que logra el proceso sino solo sus resultados. Esto a diferencia de los modelos

¹⁴ Véase el tercer párrafo de apartado 1.2 para una breve explicación de la entropía.

¹⁵ Lamentablemente por su escasez.

¹⁶ No solo Neoclásicos sino del nuevoconsenso, Keynesianos, Leninistas, etc. En general gran parte de las teorías del desarrollo económico.

¹⁷ Pero no necesariamente por la sociedad en general.

¹⁸ Véase Rosenberg (1982) pág. v

más contemporáneos como los evolucionistas, que nos hablan (entre muchas cosas) de que se produce dentro del sistema gracias a la inversión en investigación y desarrollo que aumenta nuestro stock de capital físico y humano. Al no analizar la tecnología en sí, que se utiliza para la producción se deja de lado los efectos que puede tener dicha tecnología específica sobre el sistema; por lo tanto una teoría económica que no toma en cuenta la especie de tecnología puede resultar incapaz de predecir correctamente los efectos de la aplicación de dicha tecnología; a su vez si no se toma en cuenta el problema de asignación “intergeneracional”¹⁹ no se podrán predecir correctamente los efectos del desarrollo en el largo plazo.

Parecería una aseveración absurda el decir que el progreso tecnológico va en contra del desarrollo y el crecimiento económico²⁰. El desarrollo económico e incluso el mismo crecimiento económico a mediano y largo plazo es posible en una sociedad en la cual existan bases para estimar e interpretar mas correctamente el desarrollo económico²¹. Si a mediados del siglo XIX se le hubiese dado preferencia al desarrollo del motor eléctrico para el transporte en vez de darle prioridad al motor de combustión interna²² es probable que no existiera tanta preocupación por el calentamiento global. Entonces se cree que el desarrollo económico puede decrecer debido a la implementación de nuevas tecnologías; a pesar de que estas busquen el crecimiento económico²³. Este supuesto es la base para el desarrollo del concepto de tecnología sustentable,

¹⁹ Es el problema que existe para lograr una asignación adecuada de los recursos limitados a las generaciones futuras, quienes no tienen forma alguna para exigir algún tipo de compensación por los recursos utilizados irrecuperables, por las generaciones presentes.

²⁰ Recordemos que existe una gran diferencia entre los conceptos de crecimiento económico y desarrollo económico. El crecimiento económico se considera a partir del cambio en los indicadores macroeconómico, el aumento de la producción anual que puede ser contabilizado lleva a estimar un aumento en el bienestar mediante un crecimiento. El desarrollo económico es mucho más difícil de medir ya que toma en cuenta factores que benefician a la población en un espectro mucho más diverso e intangible como el aumento del bienestar de la población de los indicadores más acertados al desarrollo se encuentra el Índice de Desarrollo Humano, generado por la ONU que mide factores como; calidad en la educación, acceso a servicios de salud y distribución del ingreso.

²¹ A pesar de ser imposible hacer un estimación real del desarrollo, entre mas se prepare una sociedad para dicha estimación probablemente tenga mas capacidad para acercarse a una estimación “mas correcta”.

²² Siendo esté utilizado tanto para el transporte como para la generación de energía eléctrica.

²³ E incluso debido a pesar de que busquen un desarrollo económico limitado solo al enfoque ortodoxo.

tecnología que se enfoca más en la búsqueda del desarrollo sustentable que en el crecimiento económico, mediante la búsqueda de la eficiencia termodinámica en relación con la capacidad de satisfacción de necesidades de la misma tecnología. La tecnología sustentable al basarse en el desarrollo sustentable probablemente tendrá que ser tan activa para alcanzarlo, como ha sido la tecnología convencional en alejarnos del mismo, por lo que resulta necesaria la constitución de una teoría Económica de la Tecnología Sustentable dentro o fuera de la teoría ortodoxa que permita la identificación de las ventajas económicas reales que encausaran al desarrollo sustentable. Así como se escribía en el prefacio, la hipótesis de este trabajo constituye en la afirmación de que la visión ortodoxa económica de la naturaleza y la visión ortodoxa económica de la tecnología como tales, probablemente no sean las mejores herramientas para desarrollar una teoría de la tecnología sustentable.

Si el problema del Subdesarrollo y del llamado “atraso” son ampliamente estudiados por un gran número de teorías económicas y sabemos por las aportaciones de Adelman²⁴ y de varios autores que son multidimensionales, en este trabajo se pretende hacer un acercamiento a un problema en especial que ha sido mayormente identificado en los últimos años debido sus efectos sobre el desarrollo económico, el problema del deterioro ambiental.

1.2.- El problema del Deterioro Ambiental.

Las ideas sobre la problemática del deterioro ambiental surgen por diversas causas, una de ellas porque se sabe que vivimos en un mundo semi cerrado con límites materiales; en sus inicios descrito como una nave espacial por Kennet Boulding²⁵. Si se toma esta premisa del mundo cerrado y se recuerda la primera ley de la termodinámica en que la energía (por lo tanto la materia) no se crea ni se destruye, solo se transforma; se puede llegar a la conclusión que los seres humanos hemos transformado una gran parte de la energía de este planeta a un

²⁴ Véase Adelman (2002)

²⁵ Véase Boulding (1965)

estado calórico y químico que ha afectado al planeta de diversas formas muchas de ellas todavía incuantificables como el calentamiento global. De la misma forma recordando la segunda ley de la termodinámica vemos que ésta energía disipada es prácticamente irre recuperable, factor que hace que dependiendo de la energía que sea necesaria para restablecer el sistema, el daño puede ser a su vez irremediable; un ejemplo de ésta dispersión de alta entropía puede ser el caso de la generación de calor por maquinas termodinámicas altamente ineficientes como los motores de combustión interna. En sí, el ser humano ha quemado , literalmente hablando, grandes cantidades de recursos de este planeta, ha transformado la materia en calor mediante la incineración de los combustibles que ha tenido, no solo los fósiles como el petróleo y el carbón, si no los vivos, como madera llevando a niveles entrópicos antropogénicos jamás antes vistos. Este excedente de calor se ha acumulado, sumado al efecto invernadero producido por el creciente aumento porcentual de los gases antropogénicos responsables de impedir el regreso de la radiación calórica (ultravioleta e infrarroja) al espacio. Los sistemas de enfriamiento de la tierra se han visto sobrepasados. La tierra mediante la radiación infrarroja (de baja frecuencia) libera calor al espacio todo el tiempo, entre más caliente se ponga la materia mayor será su radiación infrarroja, no importando si esta al vacío (como en el caso de la tierra) emitirá el calor. Lamentablemente parte considerable de ésta radiación infrarroja queda atrapada al igual que la luz, por los gases de efecto invernadero (principalmente el dióxido de carbono, el metano, el oxido nitrógeno y el vapor de agua) resultando en una conservación de este calor dentro de la atmósfera de la tierra. Estos gases antropogénicos han aumentado a un ritmo acelerado en los últimos años, muy probablemente en relación directa con el acrecentamiento de la actividad industrial.

El Panel intergubernamental de cambio climático (FCCC) creado en 1988 por las naciones unidas publico en 2007, que en los últimos cien años la temperatura de la tierra ha aumentado entre .74 y .18 grados centígrados. Se sabe que lo más probable es que el aumento se deba al incremento de los gases antropogénicos

de invernadero. El panel calcula que para este siglo el aumento mínimo será de 1.1 grado centígrados en la temperatura mundial²⁶. Debido a los trabajos del FCCC, el panel lanzó como propuesta el protocolo de Kioto en 1997 que se basa en la reducción de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales Fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. Por ejemplo, si la contaminación de estos gases en el año 1990 alcanzaba el 100%, al término del año 2012 deberá ser del 95%. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, sin que el país que contamina más en el mundo ratificara el protocolo y con el gobierno del ex presidente George Bush se retiraría del mismo. A la fecha cuenta con 187 países con firma y ratificación. Este acuerdo al igual que futuros acuerdos se logran gracias a los trabajos de interpretación del desarrollo sustentable, estos trabajos analizan los problemas medioambientales para estimar caminos hacia en desarrollo real. Probablemente la obra más importante de estimación de efectos colaterales de desarrollo económico ortodoxo para éste trabajo sea el “Informe Stern”²⁷.

El entonces “chancellor of the exchequer”²⁸ del Reino Unido, le solicitó a Nicholas Stern que dirigiera una revisión económica de gran escala sobre las consecuencias del cambio climático, para entender mejor la naturaleza de los desafíos del desarrollo económico sustentable y como este podía ser alcanzado, tanto en el Reino Unido como en el resto del mundo. El resultado fue publicado el 30 de octubre del 2006, en el “Informe Stern”. (Stern Review on the Economics of Climate Change²⁹) En el informe se calcula que con el aumento de un grado a cinco grados centígrados de temperatura, se eliminarán alrededor del 30 % de las tierras cultivables en el mundo por desertificación e inundaciones. A eso al

²⁶ Véase IPCC (2007)

²⁷ Stern (2006)

²⁸ El encargado de llevar los asuntos económicos y financieros en el Reino Unido.

²⁹ *Ibidem*.

aumentarse un desabastecimiento de combustibles fósiles al vaciarse las reservas internacionales de los mismos, se llega un panorama desolador³⁰. Se calcula en el informe que la población mundial³¹ pueda alcanzar los 12,000 millones para el 2050. Si contamos con que se reducirán las tierras cultivables en un 30% y la población aumente en un escenario medio en un 50% hay un potencial déficit alimentario grave. Como se describe en el informe hoy en día se cuenta con una relativa calma (comparado con lo que viene en el futuro), todavía los estragos del cambio climático no han afectado en la medida que se espera afecten en un futuro, es hora de comenzar a invertir para la desaceleración del proceso catastrófico que podría ser el aumento de la temperatura mundial en 1 grado centígrado y que pudiese llegar hasta los 5 grados centígrados; como se puede apreciar en la representación gráfica al final del capítulo (gráfica 1.1), tomada del informe Stern³²

Aunque sea criticado el informe Stern, objetivamente presenta pruebas de cómo con el aumento de la temperatura global se dejarán de cultivar tierras, se desertificarán los países ecuatorianos, se inundarán las costas a nivel del mar, se expandirán las enfermedades tropicales a los lugares más alejados, las poblaciones cercanas al ecuador tendrán que emigrar a zonas menos dañadas, ya que será prácticamente imposible la vida entre los trópicos³³. Estos fenómenos sin duda afectarán el futuro desarrollo mundial y se establece en el informe que son generados por la actividad del hombre. Así, la principal conclusión del informe es de que a partir de estos escenarios catastróficos mostrados la siguiente representación **Gráfica 1.1**, debido al Calentamiento Global, se necesita una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos de este cambio climático y que de no hacerse dicha inversión el mundo se expondría a

³⁰ Desde este punto de vista también se puede admitir que es urgente el terminar con el monopolio energético que tienen los combustibles fósiles.

³¹ Estando actualmente próxima a los 7 mil millones.

³² Stern (2006) pág. v

³³ Es irónico como el cambio climático afecta y afectara en su mayoría a los países subdesarrollados que no tuvieron que ver tanto con este.

una recesión que podría alcanzar el 20% de pérdida del PIB global anual de forma indefinida por las causas del calentamiento global. En otras palabras, es necesario y urgente invertir parte de este 1% en tecnología y procesos para prevenir las catástrofes que se ocasionarán por el cambio climático de lo contrario después será muchísimo más caro corregir los problemas que ésta ocasionará. La tecnología ambiental probablemente con el impulso adecuado, será un nuevo paradigma socioeconómico que podrá contribuir de una forma de acorde a lo figurado por el Informe Stern para combatir el cambio climático.

Se puede inferir a partir de las conclusiones del informe Stern que la política ha estado mal enfocada, la teoría de desarrollo económico ortodoxa históricamente no ha tomado en cuenta los problemas que ocasionara la contaminación en el largo plazo.

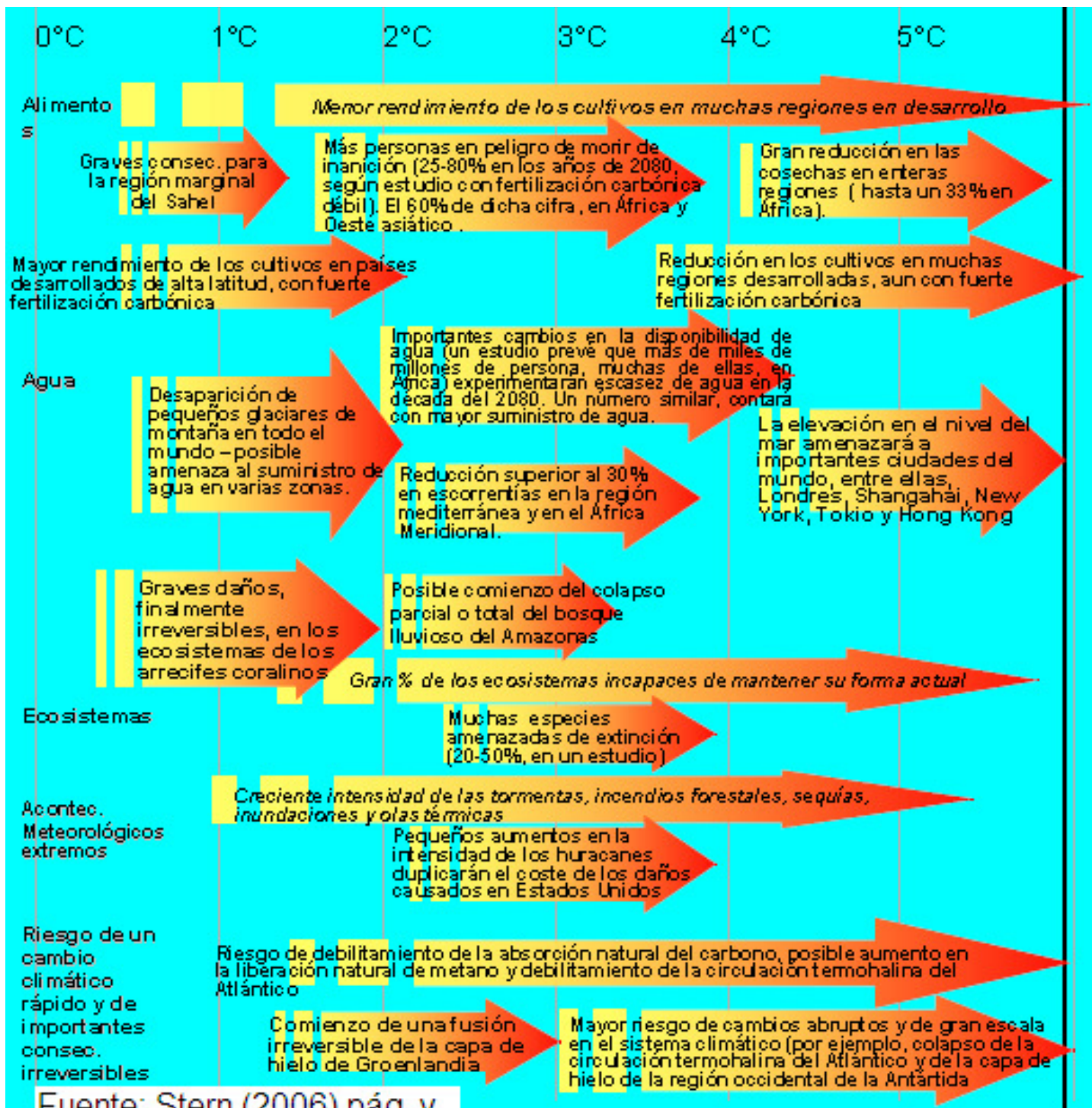
De forma similar en el Reporte 2010 sobre el Planeta Viviente (RPV) de la World Wildlife Fund (WWF) , basándose en el Índice de la Huella Ecológica de Rees y Wackernagel³⁴, se calcula que las biocapacidades del mundo están sobrepasadas en un 50%, lo que quiere decir que se necesitan 1.5 planetas para poder mantener este ritmo de contaminación ambiental³⁵. Esta “sobre carga a las biocapacidades” mundiales resulta en la eliminación de recursos naturales que son en buena medida irrecuperables. La huella ecológica es uno de los mejores indicadores disponibles para el calculo del deterioro ambiental debido al las actividades económicas humanas. El RPV 2010 marca que es necesario el cambio tecnológico hacia tecnología mas eficiente que tienda a la conservación energética³⁶ estableciendo la “Tecnología Eficiente” como uno de los tres pilares para el desarrollo sustentable³⁷.

³⁴ Véase el cuarto capítulo apartado 4.2.1

³⁵ WWF (2010) pág. 35

³⁶ *Ibidem*, pág. 95

³⁷ *Ibidem*, pág. 11



Fuente: Stern (2006) pág. v

Grafica 1.1

1.3.- Definición de conceptos.

Para fines prácticos se tomará la definición más conocida de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sustentable, que se encuentra en el informe “Nuestro Futuro Común” encabezado por la Dra. Gro Harlem Brundtland (también llamado Informe Brundtland); en el informe se le da la definición más aceptada al desarrollo sustentable y a la sustentabilidad ...“El desarrollo sustentable (...) es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”³⁸... Dentro de este marco se puede decir, que la tecnología sustentable se basa en lograr el objetivo de la parte productiva³⁹ del desarrollo sustentable, produciendo de forma eficiente⁴⁰ lo que se necesita. Se utiliza el término “Tecnología Sustentable” debido a que se toma la noción de tecnología como un proceso el cual será orientado hacia el desarrollo sustentable, el término correcto sería tecnologías para el desarrollo sustentable. Dentro del propio concepto de desarrollo sustentable se entiende que este desarrollo puede implicar un crecimiento económico siempre y cuando este respete los preceptos de conservación de recursos para el futuro estimados para el desarrollo sustentable.

La “entropía” es un término fundamental para este trabajo y es necesario revisarlo, en base a la descripción realizada en Wilson y Buffa⁴¹, podemos interpretar que la entropía; se basa en la estimación cuantificable de la segunda ley de la termodinámica⁴², haciendo referencia a una cantidad de dispersión de la

³⁸ Brundtland (1988) pág. 43

³⁹ El termino “producción” desde esta aproximación , se basa en que los artículos producidos solo son producidos cuando se ha tomado en cuenta la cantidad total de energía que este artículo requirió para su creación así como para la eliminación de la posible contaminación que este haya generado. Así la energía utilizada por la producción es mayor a la generalmente considerada, dando lugar a un mayor aumento de entropía; siendo esto igualmente aplicado para la producción de energía eléctrica.

⁴⁰ Este termino de eficiencia será discutido posteriormente en el capítulo cuatro, apartado 4.2.2, al no ser esta la eficiencia económica común, ni la eficiencia termodinámica por completo.

⁴¹ Wilson y Buffa (2003) pág. 407

⁴² Véanse las leyes de la termodinámica en el apartado 1.3.

energía que se genera con los procesos físicos. La materia se encuentra en un permanente estado de movimiento por lo que libera entropía en todo momento de su existencia; cuando se encuentra la materia a un mayor estado calórico el movimiento más acelerado de sus partículas libera una mayor cantidad de energía que cuando está más fría. Así la entropía representa la proporción de energía liberada que es prácticamente inutilizable para producir trabajo. Al quemar el petróleo la energía no se destruye solo se dispersa en forma de gas y calor, estado que es (por lo menos para el estado tecnológico en que nos encontramos) virtualmente imposible de volver a producir trabajo. Por lo tanto la energía en un sistema "cerrado" como la tierra resulta limitada ya que a pesar de que no se destruye se convierte en estados inaccesibles para su aprovechamiento humano.

Se adopta la definición de tecnología como el conjunto de conocimientos que junto con la técnica permiten construir objetos y máquinas para adaptar el medio y satisfacer nuestras necesidades; viene de una palabra de origen griego, τεχνολογος, formada por tekne (τεχνη, "arte, técnica u oficio") y logos (λογος, "conjunto de saberes"). Por lo tanto podemos definir de alguna forma la tecnología sustentable como aquella que nos permite manipular el medio ambiente para satisfacer nuestras necesidades aumentando la entropía dentro de un límite máximo estimado para un periodo de tiempo determinado. Éste límite máximo de entropía estará determinado por la estimación de la cantidad total de energía de baja entropía (utilizable directamente por el ser humano) disponible en el sistema y la estimación de una regla de extracción óptima de la misma, dando como resultado una cantidad física de extracción promedio para el tiempo estimado de duración de la energía⁴³. Así se puede definir, a la tecnología que iguale o minimice ésta cantidad de entropía máxima, proporcionando un trabajo físico⁴⁴ que permita el desarrollo humano, como Tecnología Sustentable. Sin embargo, la

⁴³ Sin embargo, la estimación de esta cantidad de energía conlleva a dos problemas fundamentales, el primero de que no se conoce la cantidad de energía disponible en el sistema y segundo que aunque este dada la cantidad de energía no sabemos en que medida la tecnología será capaz de aprovecharla. Por lo que la estimación de la energía disponible y su tasa máxima de extracción se basará en un modelo hipotético ilustrativo, que solo hasta cierto punto será capaz de estimar un desarrollo sustentable.

⁴⁴ Haciendo referencia al trabajo físico.

estimación de ésta cantidad de energía conlleva a dos problemas fundamentales; el primero es que no se conoce realmente y probablemente nunca se conozca la cantidad de energía disponible en el sistema. El segundo problema es que aunque se tome como dada la cantidad de energía junto con su nivel de entropía en el sistema, no sabemos en que medida la tecnología será capaz de aprovechar la energía ahora considerada como “dispersa”⁴⁵ (de alta entropía) .Por lo que la estimación de la energía disponible y su tasa máxima de extracción se basará en un modelo hipotético ilustrativo, que solo hasta cierto punto será capaz de estimar un desarrollo sustentable.

1.3.1) ¿La Tecnología Puede ser Sustentable?

Es conocido que físicamente no hay tecnología con fines productivos que no cause impacto alguno al medio ambiente y al nivel de entropía, recordando el precepto de la termodinámica “no existe una maquina capaz de generar movimiento perpetuo”⁴⁶; toda la actividad humana causa un impacto al medio ambiente; por lo tanto el problema puede ser de minimizar y direccionar estos impactos; para la tecnología sustentable se supone inicialmente que tendrán que ser impactos tendientes a cero⁴⁷ y como se describía anteriormente por debajo de un límite máximo de entropía previamente considerado. La tecnología para ser sustentable y permitir el desarrollo tiene que alcanzar un nivel tecnológico muy superior al actual⁴⁸; sin embargo existen tecnologías contemporáneas que “tienden” hacia un desarrollo sustentable, como se verá en el cuarto capítulo; estas tecnologías suelen conocerse como tecnologías ambientales.

⁴⁵ Esto es que a pesar de que exista energía en estados que se consideran prácticamente inutilizables por el hombre como el gas metano biológico resultado de la degradación orgánica por parte de bacterias, es reutilizable gracias a “Tecnologías Ambientales” de recuperación de estos gases para su combustión

⁴⁶ Véase Peet (1992) pág. 38

⁴⁷ Que jamás pueden llegar a ser cero o tan siquiera acercarse al cero dentro de un límite lógico.

⁴⁸ Debido que las tecnologías que se pueden juzgar a *priori* como sustentables no se encuentran es un estado de avance que les permita ser utilizadas inmediatamente para lograr un desarrollo económico.

La “Tecnología Ambiental” es definida por la Comisión Europea como “toda aquella tecnología cuyo uso causa menos daño al medio ambiente que las alternativas”⁴⁹. Por lo tanto es entendido la tecnología ambiental es aquella que haga más eficiente el uso de la energía, en forma considerablemente mayor a lo que lo hace la tecnología actual. La tecnología ambiental dependiendo del caso, puede no ser sustentable ya que solo se basa en mejorar a la tecnología predecesora enfocándose en un concepto de sustentabilidad que puede no estar correctamente delimitado actualmente⁵⁰; para la mayoría de los casos estas mejoras no llevan a la sustentabilidad. Sin embargo como se analiza más adelante, la tecnología ambiental es el primer paso para el desarrollo sustentable, ya que para el estado tecnológico actual resultan en casos ser las más viables. Ejemplos de tecnologías ambientales pueden ser ciertos tipos de los llamados Biocombustibles⁵¹ y la energía Nuclear, que podrían catalogarse como tecnologías ambientales pero no como tecnologías sustentables, esto para el estado tecnológico en que se encuentran; ya que por la definición dada de la tecnología sustentable una tecnología ambiental puede evolucionar en una tecnología sustentable.

La tecnología ambiental al presentarse desde una visión ortodoxa de una forma más redituable que la tecnología sustentable, puede ser utilizada en ambientes donde es más difícil difundir el sentido del desarrollo sustentable y por ende de la (más “radical”) tecnología sustentable. En cuanto a la aplicabilidad de las tecnologías, el nivel de ingreso puede ser de considerable importancia; si bien la curva de Kuznetz⁵² adaptada a la cuestión Ambiental⁵³ es debatible, refleja puntos importantes; no en si en tanto a individuos, más bien en tanto a sociedades. De forma que las sociedades con un muy bajo nivel de ingreso pueden demostrar un

⁴⁹ EC - ETAP (2004) pág. 2

⁵⁰ Se retoma esta discusión en el cuarto capítulo punto 4.2.2

⁵¹ Que hace referencia a hidrocarburos obtenidos a partir de productos vegetales, aunque el petróleo fósil también viene de productos vegetales.

⁵² Es la representación gráfica de la hipótesis de Simon Kuznet en la cual se expresa que conforme un país comienza a desarrollarse aumenta la inequidad en la distribución del ingreso hasta un cierto punto donde de continuar el desarrollo esta curva vuelve a caer a su punto original estando el país avanzado.

⁵³ Véase Grossman y Krueger (1993) pág. 13 - 56

buen nivel de preocupación por su medio ambiente⁵⁴; en el punto medio de la curva se encontrarían países como China que en su afán de conseguir un rápido desarrollo causa estragos ambientales⁵⁵; a su vez países desarrollados con alto ingreso per cápita como Suecia, regresan (después de haber pasado por la curva; talando y quemado sus bosques) a tener una preocupación por la conservación de los recursos naturales. Es en parte por este punto que la tecnología ambiental al ser menos drástica podrá resultar una opción más factible y necesaria en el corto plazo para las economías en desarrollo que la tecnología sustentable. Otro caso en el cual resulta complicada la introducción de tecnología sustentable es en el de la industria privada la cual adopta poco a poco la tecnología ambiental; en muchos casos gracias a que reciben transferencias gubernamentales o supranacionales (como los bonos de carbono) por la utilización de tecnologías ambientales. Por lo tanto se puede hablar de una transición en diversos pasos de la tecnología convencional a la tecnología ambiental y de ésta a la tecnología sustentable.

Otro tipo de tecnología, es la “Tecnología Apropriada” la cual se basa en principios de baja entropía gracias a su diseño hecho especialmente para zonas rurales y marginadas donde la obtención de combustibles y materiales que tienen elevados precios (y por lo tanto generalmente significan una alta entropía relativa en su producción y su utilización, como la gasolina o fertilizantes químicos) lleva a los pobladores a utilizar métodos tradicionales obsoletos; este tipo de tecnología se desarrollo desde los 1970’s para combatir la pobreza, con tecnología que fuera barata y aplicable a los sectores más necesitados muy superior a la tecnología tradicional. Algunas de estas tecnologías apropiadas, probablemente con un mayor desarrollo tecnológico podrían llegar a ser ejemplos de tecnologías sustentables.

⁵⁴ Un ejemplo pueden ser los indígenas lacandones en Chiapas que prestan los que economistas ambientales llamarían servicios ambientales a la selva preservándola para su propio bien y el de las generaciones venideras.

⁵⁵ El programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente estima que China abre una planta eléctrica de carbón cada 2 semanas.

1.4.- Aspectos Económicos Básicos de la Tecnología.

La evolución del pensamiento económico en cuanto a la tecnología ha llevado a la constitución de conceptos claves sobre la inferencia de la misma sobre el proceso económico, en general esta inferencia se ha considerado como positiva siendo la innovación tecnológica igual a aumento de la productividad y esta siendo benéfica para la economía en su conjunto. Estas concepciones un tanto simplistas de la tecnología han llevado a considerar a la tecnología de una forma abstracta donde siendo abstracta y solo analizada desde los productos que genera, como un “bien” económico y por ende como una mercancía (ya sea en forma material o informática). Lo cual resulta contradictorio ya que no todas las tecnologías han resultado ser “bienes” pero se han tratado y tipificado como tales, debido a la falta de información o a la deficiente estimación de beneficios y perjuicios que significaría la aplicación de éstas; por ejemplo, utilización del motor de combustión interna *versus* Calentamiento global. A continuación se abordan brevemente algunos de los conceptos económicos básicos del cambio tecnológico.

La innovación tecnológica probablemente sea la principal forma de análisis que ha tenido al económica con respecto a la tecnología, éste cambio, parte de un primer paso que es la invención, la cual resultará en un objeto, técnica o proceso representando una nueva “creación” (diferenciable de los insumos) con fines específicos; ésta creación puede estar relacionada con la aplicación de la ciencia o del empirismo. La invención en sí, es un proceso complicado hay una serie de factores que determinan la invención ya sea por razones productivas, académicas, altruistas entre otras.

Por lo general las tecnologías, como conjuntos de conocimientos generales sobre un proceso; suelen ser de resultado científico y las técnicas como las formas físicas de realizar los procesos tecnológicos suelen estar más asociados a los conocimientos empíricos (no siendo necesariamente de esta forma). Así las Ciencias las Técnicas y Tecnologías guardan relaciones estrechas, y dependientes las unas de las otras. La invención se convierte en innovación;

según Vergara... “la innovación técnica o tecnológica, se entiende en el acto o proceso en el cual se acopla por primera vez una nueva oportunidad tecnológica con una necesidad o con una demanda solvente”...⁵⁶. A ésta aseveración se puede decir que la innovación dependerá de la identificación y grado de relevancia de ésta necesidad más que con la demanda. Para Mansfield⁵⁷ una innovación es una invención aplicada por primera vez. Podemos decir entonces dentro de esta conceptualización, que un invento es de consideración económica hasta que se le concede una aplicación, esto es que cualquier tecnología en el momento de contar con una técnica para su aplicación (necesaria para la aplicación de cualquier tecnología) será de relevancia para su estudio económico como tecnología, ya que antes que esto será considerada y valorada por la teoría económica ortodoxa como “descubrimiento”, probablemente inútil.

1.4.1) Los Sistemas Tecnológicos.

El cambio tecnológico generalmente está enfocado, al análisis de los productos del mismo proceso de cambio tecnológico, estos productos en sí, son sistemas; como por ejemplo la maquina de vapor esta formada por diversos subsistemas que la constituyen, un subsistema de transformación de energía, la caldera y un subsistema de compresión de vapor, el pistón y camisa. Desde otro punto de vista ésta maquina de vapor puede ser un subsistema dentro un sistema como el de una fabrica textil; así como un motor de combustión interna es un subsistema de un sistema automóvil. Estos diversos sistemas y subsistemas “evolucionan” generalmente uno a la vez, de manera que la evolución de un sistema o subsistema suele ser independiente en primera instancia, resultando en desequilibrios, los que llevan a la necesidad de generar cambios o desarrollos tecnológicos complementarios para que evolucionen al mismo ritmo los sistemas. Ya que un sistema no puede continuar evolucionando si los demás se quedan atrás. Estos factores causan que se den procesos de investigación y desarrollo de

⁵⁶ Vergara (1989) pág. 16

⁵⁷ Mansfield (1971) pág. 73

innovaciones en una especie de “encadenamiento”⁵⁸ al desarrollo tecnológico de los sistemas.

En base a lo anterior se puede decir que la dimensión de un sistema se basa en su capacidad de ser diferentes subsistemas (más que de ser sistemas), esto se puede traducir en su capacidad de aplicación. Un motor eléctrico es un sistema de gran dimensión, mientras que un reactor nuclear es un sistema de mucha menor dimensión⁵⁹.

1.4.2) Tipos de Cambios Tecnológicos

El cambio tecnológico es un conjunto de fenómenos que llevan a producir un nuevo bien, un mayor número de productos con la misma cantidad de insumos o que nos llevan a mejorar la calidad de los productos. Podemos clasificar los cambios tecnológicos en los siguientes apartados:

a) Cambios exclusivamente Técnico-Científicos en la producción; el aprendizaje:

Este tipo de cambios puede afectar a la producción, los cambios en formas de organización de la empresa para hacerla más productiva como el Taylorismo, Fordismo y más recientemente el Toyotismo o el “*Lean Manufacturing*”, reflejan innovaciones técnicas en la organización.

La primera revolución industrial inicio más bien con un cambio técnico científico, derivado de continuos cambios sociales (en Europa desde la ilustración) en Inglaterra desde el cambio radical que introdujo el pensamiento protestante, hasta las crecientes vías internas de circulación fluvial por medio de los canales para fortalecer los mercados internos. Dichos cambios provocaron después cambios tecnológicos e invenciones como la maquina de vapor, que al ser aplicada al hilado dio pie a las fábricas y a convertirse en una innovación radical. Estos cambios actualmente afectan al proceso de producción pero no alteran al producto

⁵⁸ Se utiliza la analogía con una cadena debido a que un sistema al evolucionar provoca la evolución de los sistemas aledaños a él.

⁵⁹ Claro esto es en comparación y por el estado actual de la tecnología.

en forma directa, se puede producir pues una mayor cantidad de camisas con una menor utilización de insumos. En ésta forma aumenta el capital humano aumentando la productividad de los trabajadores pero la productividad de los medio de producción se queda igual por lo cual aumenta para la economía la relación $Y = f(K, L)$ aumenta. Desde estos cambios en aprendizaje por el momento suponen la calidad del producto y los materiales iguales lo único que cambia es la forma de organización del trabajo y suministro de los materiales.

Hay diferentes formas de incrementar el capital humano por el “Saber Hacer” por su traducción del ingles “*Know How*”⁶⁰ , a continuación se exponen brevemente.

Puede ser por la especialización en el trabajo tomando un poco a Adam Smith en la división del trabajo; cuando un compañía se convierte en experta en la producción de un cierto tipo de bien o canasta de bienes sus trabajadores especialistas calificados, reducen los tiempos de producción gracias a la destreza adquirida por la repetición de un trabajo o trabajos. Por otro lado se puede por la práctica aumentar la productividad al experimentar sobre los procesos ya conocidos estos experimentos se basan en complementar la tecnología con la técnica para llegar a un punto donde los resultados científicos rigurosos y los empíricos prácticos permitan maximizar la utilización de factores productivos; un ejemplo de este caso pueden ser las habilidades practicas de los trabajadores en la construcción para determinar las cantidades de mezcla de arena, cemento y agua según el clima para su mejor aplicación o los mecánicos que tienen “trucos” y herramientas improvisadas para cierto tipo de problemas ; al experimentar así, se logra generar conocimientos para aplicaciones especificas dentro de un sistema tecnológico .

El factor de aprendizaje por el uso por otro lado es muy importante para industrias como la automotriz, donde se chocan los automóviles para determinar que tanto resisten y protegen a los pasajeros en el caso de choques, éste sistema también se utiliza mediante encuestas de productos generando una

⁶⁰ El Know-How (del inglés *saber-cómo*) describe, básicamente, la habilidad con que cuenta una organización para desarrollar sus funciones, tanto productivas como de servicios generados por la actividad productiva técnica de la empresa.

“retroalimentación”⁶¹ de los consumidores para ver en que se puede mejorar el producto. La última forma que vemos es la de la ingeniería inversa la cual consiste en desarmar totalmente un producto y volverlo a armar para detectar la forma en que este fue hecho productos materiales y técnicas de proceso de este sistema tecnológico son analizados generalmente para su reproducción posterior; la ingeniería inversa es polémica ya que la fabricación de productos “clones” que no respetan los derechos de patente, llevan a una baja considerable en los incentivos para el desarrollo tecnológico privado, aunque por otra parte la distribución del conocimiento en áreas claves como la medicina ayuda realmente a salvar vidas.

b) Cambios Tecnológicos de Producción reflejados en Producto:

Aquí los cambios son notorios, una invención pasa a ser un sistema y/o un subsistema. Esto es una invención al ser aplicada a una necesidad pasa a ser una innovación la cual para ser producida forma un sistema o se incorpora a un sistema ya existente. Podemos dividir en dos partes los cambios tecnológicos en la producción; en proceso y en producto. Las innovaciones de producto requieren forzosamente de innovaciones en el proceso, mientras que las innovaciones de proceso no necesariamente expresarán innovaciones en el producto⁶².

-Los cambios de producto en el proceso; nos resultarán en un producto que aparentemente nos dará la misma utilidad, pero estará diferenciado en su forma de ser manufacturado. Esto se puede deber a la utilización de otro tipo de materiales y/o otro tipo de bienes de capital para producirlos, a su vez debe incluir cambios técnico científicos en el suministro de insumos y capacitación de la fuerza de trabajo aunque este último factor no puede ser el único.

Los cambios en el proceso pueden tener beneficios directos conocidos y tener beneficios indirectos desconocidos para el consumidor final, los beneficios indirectos estarán expresados por ejemplo en los casos que el producto a pesar de ser de una utilidad aparentemente igual, expresará mayores beneficios si

⁶¹ Referida comúnmente por su traducción en inglés “*Feedback*”

⁶² Véase Vergara (1989) pág. 38-39

incluimos factores como el tiempo y los beneficios sociales. Un ejemplo convencional de tiempo que puede ser tanto conocido como desconocido, puede ser el de un producto que aumente la calidad con la que ésta fabricado, esto resulta en una menor depreciación del mismo producto alargando su tiempo de vida y su conservando valor de reventa, dependiendo de el surgimiento de nuevos productos similares probablemente generando una mayor utilidad en el tiempo al consumidor.

-Los cambios en el Producto, requieren forzosamente de un cambio en el proceso que traerá beneficios directos e indirectos, que darán como resultado un producto diferenciado del anterior. Dicho nuevo producto generalmente tiende a expresar una mayor utilidad directa al consumidor como seria dándole una mayor velocidad en el procesador de la computadora, una apariencia más placentera o una mayor capacidad de producción por hora de agua potable a una planta de desalinización de agua de mar que beneficiaria a toda una comunidad⁶³ . Sin embargo también existe la posibilidad que un producto diferenciado exprese utilidad indirecta para el consumidor, esto solo es posible si suponemos que el consumidor no tienen la información completa (como en la mayoría de los casos) y no conoce el entero potencial de una innovación en el producto, por lo tanto el producto le estará generando una utilidad desconocida y por lo tanto indiferente al consumidor, dicho beneficio se hace más evidente por el tiempo y factores sociales. Para ejemplificar el tiempo suponemos que el producto adquirido en un primer tiempo t1 con la expectativa de generar una utilidad x1 gracias a una combinación de aumento del capital humano pero sobre todo debido al máximo aprovechamiento de las capacidades del producto en un t2 conseguimos una utilidad x2 del mismo producto⁶⁴ .

⁶³ Recordemos que los productos e innovaciones son sistemas y/o subsistemas una planta desalinizadora de agua de mar puede ser un subsistema o producto para el abastecimiento de aguas de una comunidad; en el ejemplo citado, se asume que el consumidor conoce los beneficios sociales inherentes a la instalación de dicha planta.

⁶⁴ Esto no es lo mismo que ocurre con un aumento de la función de producción $Y=f(K,N)$ ya que la verdadera capacidad de K era subutilizada por una inapropiada capacidad de N por lo tanto aumenta mas K que N del tiempo t1 al tiempo t2.

c) Innovaciones Radicales:

Las innovaciones radicales como veremos mas adelante⁶⁵ vienen dadas por Joseph A. Schumpeter para referirse a estas grandes innovaciones que llevaban y arrastraban a la economía en un gran proceso de destrucción creativa, este tipo de innovaciones fueron la maquina de vapor, los motores eléctricos, el motor de 4 tiempos la computadora personal (y en un futuro probablemente el reactores nucleares avanzados⁶⁶ y los paneles fotovoltaicos con baterías heteroelectricas a base de silicón cristalino). Llevaron a la economía a dar saltos en la productividad; las innovaciones radicales por lo general parten de un invento que es aplicado a la actividad económica y que otorga una maximización del beneficio en las entidades productivas tal, que este es aceptado no importando cambiar los procesos y medios de producción establecidos dando un cambio profundo en los sistemas productivos en la llamada “destrucción creativa” de Schumpeter.

d) Innovaciones Marginales:

Las innovaciones marginales al igual que las radicales no se refieren en si al cambio tecnológico en el consumo, sino en la producción. En la producción cuando hay cambios marginales estos generan innovaciones tecnológicas que pueden ser de proceso y producto; esto se debe a cambios en los materiales insumos y productos con los que se realizan los cambios en los productos y/o la forma de producirlos, en este caso las innovaciones marginales se puede deber a exclusivos cambios técnicos científicos en la producción.

Estos cambios se deben en gran medida a los cambios en los sistemas tecnológicos; un ejemplo común puede ser la fabricación del automóvil con turbocompresor, dicho turbo compresor llevó a que se mejoraran los sistemas de frenado, creando los frenos de disco, estos frenos de disco llevaron a que se limitara la capacidad de frenado inmediato de las llantas que producía descontrol en los carros, lo que llevo a crear los frenos ABS, lo que a su vez llevo a tener

⁶⁵ Véase el segundo capítulo apartado “La visión de Schumpeter”

⁶⁶ De neutrón rápido y de fusión con Thorio.

control de tracción. Esto como se expuso anteriormente se debe a que el sistema, automóvil mejoro en un subsistema el motor, de forma dispereja (que es lo que suele ocurrir) lo que causo un efecto de evolución tecnológica para que los demás subsistemas alcanzaran al subsistema motor generando un efecto de encadenamiento en la evolución tecnológica.

1.4.3) Transferencia y Difusión de Tecnología

a) Transferencia de Tecnología:

Para que exista la transferencia tecnológica-técnica debe de existir algún tipo de administración del conocimiento; ésta administración del conocimiento genera la conversión del conocimiento tácito en explícito, implica la adecuada explotación de datos e información para transformarlos en conocimiento y entendimiento.

La tecnología que es transferible (ya que no toda lo es) se puede entender como un bien ya que se espera generara un beneficio al receptor, este beneficio va en relación directa con la capacidad del receptor de procesar dicha información; solo se podrá utilizar la tecnología para obtener un beneficio mayor (que el de otra tecnología) si se tiene la capacidad para asimilar ésta tecnología.

Así aunque un consumidor compre un Bugatti Veyron⁶⁷ lo puede seguir conduciendo como un Ford Fiesta. Hay muchísimas implicaciones para el proceso de transferencia de tecnología a nivel microeconómico y macroeconómico muchas de estas se abordan desde la teoría de la gestión tecnológica empresarial que abordan los problemas e implicaciones dentro de la empresa para la trasferencia de tecnologías. Si tomamos la tecnología como un bien que puede ser información la transferencia correcta de ésta será clave para el desarrollo optimo de la misma. Una tecnología sustentable se enfrenta a los problemas de transferencia y difusión micro económica más grandes al no representar esta el máximo beneficio y utilidad individual. Debido a esto las formas iniciales de la transferencia de estas

⁶⁷ Automóvil cuyas especificaciones lo hacen uno de los automóviles más tecnológicamente avanzados del mundo.

tecnologías debe de ser en base a la imposición estatal mediante subvenciones a su desarrollo y posterior transferencia.

Hay distintos factores que determinan la necesidad de cambios tecnológicos por transferencia de tecnología por ejemplo las presiones para la adopción de una tecnología pueden ser impuestas a las organización o individuos por ejemplo el gobierno de un país decide que todos los productores del país utilicen métodos más higiénicos para fabricación de productos perecederos o en otro ejemplo cuando una multinacional da a sus empresas filiales una determinada tecnología. Otro factor tendrá que ver con los conceptos de racionalidad de los individuos y organizaciones en los cuales por cuestiones de mercado y de maximización de utilidades y beneficios utilicen nuevas tecnologías transferidas por ejemplo, cuando una empresa ve que esta perdiendo competitividad por utilizar procesos obsoletos de producción.

Los problemas principales a la transferencia pueden ser tres;

-La tecnología no es la adecuada. En este caso la Tecnología transferida no da el beneficio esperado. Quien oferta la tecnología lo hace de una forma en la que la tecnología aparenta tener un grado de aplicación (dimensión de sistema) mucho mayor del que el demandante tiene la capacidad de acoplar a sus propios sistemas por lo tanto la aplicación de la tecnología no ofrecerá los resultados esperados. Es por eso que una tecnología ambiental o sustentable adecuada debe de tener una dimensión sistémica lo suficientemente grande como para ser promovida y mejorada a niveles supranacionales.

-El Demandante de tecnología no tiene capacidad para adaptar la tecnología a sus necesidades debido a que no tiene una capacidad instalada para poder aprovechar la nueva tecnología. Si los sistemas se encuentran en estados muy diferentes de desarrollo se debe de optar por tecnologías adecuadas⁶⁸ para que sus sistemas disponibles puedan evolucionar a tiempo.

-La tecnología transferida a pesar de cumplir con las expectativas económicas del demandante, resulta tener efectos negativos sociales en su percepción por lo que

⁶⁸ Diferente al termino Tecnología apropiada

es desechada. Un ejemplo de esto puede ser la decisión de una empresa de no utilizar algún proceso de producción por considerarlo inmoral⁶⁹.

En la incorporación de tecnologías a procesos específicos podemos utilizar un diagrama de Kivat, el siguiente es tomado de Vertíz⁷⁰ (representación **gráfica 1.2**) que muestra la complejidad de implementar una nueva tecnología dentro de una misma organización

El diagrama nos indica 8 conceptos de los cuales 4 dependen de la tecnología en si (en rojo) y 4 dependen de la organización (en negro) estos conceptos son determinados por grados los cuales van del centro del sistema hacia un perímetro demarcado por un círculo entre más lejos están del centro la tecnología tiene una mayor capacidad de éxito.



Fuente: Vertíz (2007) pág. 74

Gráfica 1.2

b) Difusión de Tecnología:

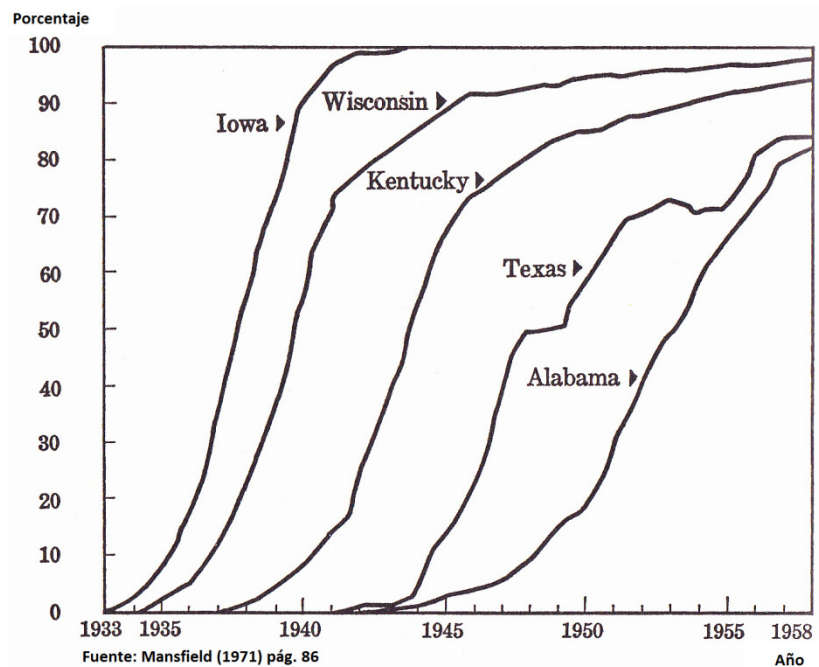
⁶⁹ El término inmoral se refiere a consideraciones que no afectan a los trabajadores sino percepciones personales que no tienen que ver con el sentido económico de la implementación de estas tecnologías.

⁷⁰ Vertíz (2007), pág. 74

El proceso de difusión de una innovación es esencialmente como diría Mansfield⁷¹ “es un proceso de aprendizaje entre distintos usuarios y proveedores de una nueva tecnología” este aprendizaje se va a dar por la experiencias productivas en la aplicación de la nueva tecnología, el grado en el que ésta nueva tecnología refleje una ganancia extraordinaria estará relacionado directamente con su grado de difusión. Otros factores serán el grado de maleabilidad y adaptabilidad de dicha nueva tecnología, como vimos anteriormente, es fundamental que la tecnología represente ser un sistema de gran tamaño con una gran capacidad para formar subsistemas. Por lo tanto como entendemos de Rosenberg⁷² la difusión se basa en la modificación y la adaptación de las innovaciones a los procesos productivos específicos.

Así podemos ver que la difusión no solo dependerá de la demanda que hay de innovaciones, sino también de la capacidad de los oferentes de la innovación para acoplarla en diversos sistemas productivos. Los oferentes deberán de ser capaces de garantizar la funcionalidad de la tecnología por ejemplo mediante servicios post venta (mantenimiento, refacciones, etc.)

Generalmente el proceso de difusión viene especificado por un diagrama de tipo “S” como en la siguiente **gráfica 1.3** tomada de Mansfield⁷³ donde podemos distinguir tres momentos distinto en la difusión de tecnología un momento inicial donde la



⁷¹ Mansfield (1971) pág. 82

⁷² Véase Rosenberg (1992) pág. 31 – 40.

⁷³ Mansfield (1971) pág.86 a su vez tomado de Z. Griliches (1957) “ Hybrid Corn”, *Econometrica*, Octubre 1957.

tecnología tiene un lento proceso de difusión, a continuación tiene un periodo de expansión después de que la tecnología paso las etapas de prueba y esta aceleradamente entra al sistema económico , finaliza cuando la tecnología entra en un periodo lento de difusión debido a que los agentes⁷⁴ económicos que quedan por adoptar la tecnología no lo hacen por motivos más allá de la lógica económica agregada de ese sector (puede que dicha compañía obtenga mayores beneficios con la producción artesanal o que por cuestiones morales no adopten la tecnología como en el caso de los transgénicos).

Mansfield⁷⁵ determina 4 factores fundamentales del grado de difusión de una tecnología ellos son:

-El grado de maximización de beneficio que representa la técnica nueva en comparación con la anterior. -El grado de incertidumbre de los resultados de la aplicación de una nueva tecnología. Entre más probada este la tecnología y entre exista en general garantías de su funcionamiento conocidos por el usuario potencial más fácil será esta de difundir. -La inversión necesaria para la implementación de la nueva tecnología. -El grado de reducción de la incertidumbre según el estado de difusión de dicha tecnología.

Otra forma que se puede hacer para clasificar la difusión es por su extensión:

-Macro difusión (difusión externa). Difusión de una tecnología en una sociedad.
-Micro difusión (difusión interna). Difusión de una tecnología en una organización determinada.

-Los modelos de difusión, pretenden comprender cómo se realiza ese proceso y explicar por qué históricamente algunas tecnologías se han difundido tan lenta o rápidamente. Se suelen identificar dos enfoques de difusión diferentes: semilla única y semilla múltiple. -Enfoque de semilla única: La tecnología se aplica a un grupo de usuarios, estos la desarrollan en su sector especializándola. La difusión sigue círculos concéntricos a partir del núcleo de la semilla inicial hasta alcanzar

⁷⁴ Pudiendo ser individuos , organizaciones , sociedades , países, etc.

⁷⁵ *Ibidem*, pág. 88

un grado alto de difusión. -Enfoque de semilla múltiple: La tecnología se extiende inicialmente en varios grupos los cuales aceleraran su difusión futura al estar dicha tecnología probada en diversas situaciones.

1.5.- Economía y Ecología.

Los conceptos de economía y ecología surgen de la misma raíz griega eco que significa casa, Economía como la "contabilidad de la casa" y ecología como la "ciencia de la casa"⁷⁶. Esto nos da una idea general que podemos interpretar como si la economía se dedicase a administrar los recursos materiales en la casa y la ecología como el hecho de estudiar los recursos materiales. Es importante notar como las dos ciencias desde el principio estaban íntimamente relacionadas.

Como se describe a lo largo del próximo capítulo; con los economistas clásicos se comenzó una separación de las dos ciencias al enfocarse más una en la visión "crematística de la economía"⁷⁷. Ésta visión fue cambiando con el tiempo, hasta el punto de que las teorías del desarrollo económico desecharon una conceptualización que se preocupase por la conservación intergeneracional de los recursos naturales y más bien se idearan tasas optimas de extracción de los mismos, como la "Regla de Hotelling"⁷⁸. Así las políticas de desarrollo Neoliberales, Keynesianas y Socialistas en general llevaron a un crecimiento económico utilizando los recursos naturales y aumentando la entropía; sin tomar en cuenta los efectos que la forma de utilización de los mismos tendría en el desarrollo a largo plazo. Ante los evidentes efectos en los años setentas del siglo pasado, de los daños ambientales causados, comienza a cambiar la visión de la economía de los recursos naturales dando paso a nuevas teorías que llevarían a

⁷⁶ Common y Stagl (2008) pág. 1

⁷⁷ La crematística entendida como aquella que analiza la fijación de precios. La crematística económica conceptualizada por Aristóteles puede ser buena en el comercio justo que satisface necesidades; o injusta cuando uno de los que hacen el intercambio busca un beneficio extra. Visión que perduro miles de años, hasta que fue rota por el protestantismo ingles, eventualmente llevando a la primera revolución industrial

⁷⁸ Véase el segundo capítulo, apartado 2.2.1.

un acercamiento nuevamente entre la economía y la ecología. Algunas de estas teorías de los recursos naturales que se abordaran en este trabajo se describen a continuación.

La economía Ambiental plantea la optimización de la explotación de los recursos naturales, analiza las políticas públicas pero sobre todo se basa en que realiza un análisis del medio ambiente en términos económicos y cuantitativos, es decir, en función de precios, costes y beneficios monetarios. Surge a partir de las modificaciones a la Teoría de la Economía del Bienestar de Pigou y de la Economía de los Recursos Naturales basada en Hotelling; ésta teoría reconoce que existe una tasa de extracción óptima de los recursos naturales y que para una parte de los casos, es posible una valoración monetaria de los mismos mediante análisis de costo beneficio. A su vez desde la teoría de la Economía Ambiental se reconoce que la tecnología algunas veces, no ha servido para el desarrollo, ya que ésta ha causado malestares y pérdidas de recursos naturales bajo una tasa de extracción probablemente mal calculada. De la Economía Ambiental surgirá el concepto de Tecnología Ambiental, dicha tecnología será apreciada como “buena” debido a los avances que proporcione para continuar con un desarrollo y crecimiento económico a niveles relativamente sustentables. Sin embargo estos niveles relativos deben de ser establecidos para que se llegue a una estimación del desarrollo sustentable; es evidente que no se puede tener niveles relativos de sustentabilidad indefinidamente cuando se cuenta con recursos limitados.

La Economía Ecológica surge de manera distinta a la economía ambiental, para comenzar no es una rama de la economía sino de carácter multidisciplinario; encontramos la definición más común de ésta como la ciencia y gestión de la sustentabilidad o como el estudio y valoración de la no sustentabilidad. O sencillamente como la definen Common y Stagl, como... “el estudio de las relaciones entre el gobierno de la casa de los seres humanos y el gobierno de la casa de la naturaleza (...) el estudio de las distintas interacciones entre sistemas

económicos y ecológicos”.⁷⁹ Así el problema básico que estudia podemos decir que es la manera que se dan las interacciones económicas y ecológicas, sociales y naturales. Estudia lo que llama el metabolismo social que es el resultado de la actividad humana o mejor dicho de su simple presencia en el planeta midiendo los límites que tiene ésta actividad que permiten a la humanidad desarrollarse en simbiosis con los ecosistemas ya que la sociedad toma materia, energía e información de la naturaleza y le expulsa residuos, energía disipada e información aumentando la entropía. Para la Economía Ecológica la sustentabilidad no es posible mediante la concepción de mercado de la economía ambiental, ya que esta solo plantea que a mayor escasez de recursos se eleve el precio de los mismos; que catastróficamente se puede decir como la evolución última de un sistema económico basado en estas premisas será aquel en la que los que tengan el recurso para pagar por aire limpio, lo pagarán. Así la Economía Ecológica al llegar a abordar los problemas desde una perspectiva energética y económica, dentro de su análisis (y por ende del de este trabajo) hace necesario recordar las conocidas⁸⁰ leyes de la termodinámica:

-Primera Ley: Establece que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma. Esto es que después de cualquier proceso en un ambiente aislado la cantidad de energía presente en ese sistema será siempre la misma.

-Segunda Ley: Establece que es imposible que un sistema más frío transfiera energía a un sistema más caliente, el proceso se dará siempre del sistema caliente al frío por lo que la energía se disipa. Dicha ley se enuncia de diversas formas que muestran como no pueden existir máquinas que tengan movimiento perpetuo, esto es que siempre existe una pérdida de trabajo en forma de disipación de la energía; por lo tanto cualquier máquina (que genere trabajo) tiende a aumentar la entropía.

⁷⁹ *Ibidem*.

⁸⁰ Véase: Wilson y Buffa (2003) pág. 406-425; Smith (2005) pág. 361,362 , Peet (1992) pág. 33 - 44

-Tercera Ley: Hace referencia a que existe una temperatura igual al cero absoluto, a ésta temperatura todos los procesos de la materia se detienen y la entropía del sistema se acerca al valor mínimo posible, jamás alcanzando un valor cero de entropía⁸¹.

Mediante la aplicación de la primera y sobretodo segunda ley, la Economía Ecológica aborda los problemas económicos sobre una base de “equilibrio material” en la cual queda incluido el equilibrio económico e incluye a las generaciones futuras, asegurándoles un acervo correcto de recursos físicos. La Economía Ecológica aborda desde una perspectiva heterodoxa los problemas de la tecnología y el desarrollo económico, mostrando a la tecnología en muchos casos perjudicial para el desarrollo económico, pero como veremos más adelante necesaria para el mismo. Los conceptos propuestos por Georgescu-Roegen sobre el “pasar con menos” y posteriormente las teorías del “decrecimiento económico” como las formuladas por Serge Latouche, crearán y darán pie una polémica sobre desarrollo y crecimiento económico; uno de los pilares de la economía ecológica. Es necesario analizar a fondo las implicaciones tecnológicas y energéticas para aproximarnos a la definición de lo que es realmente una tecnología sustentable y que es una tecnología ambiental. Tanto la Economía Ambiental como la Economía Ecológica surgen en contraposición teórica con la economía ortodoxa, en el próximo capítulo se analizan sus críticas a la economía ortodoxa para tratar de descubrir si ésta es capaz o no de establecer una teoría adecuada de la tecnología sustentable, o si bien son capaces estas teorías de complementarse con la teoría ortodoxa para constituir una teoría adecuada.

Si se reconoce la existencia de un deterioro ambiental y de un calentamiento global debido a los efectos de la producción antropogénica; los efectos negativos

⁸¹ Todo el mundo físico que conocemos se encuentra en movimiento. Los átomos de la materia se encuentran moviéndose todo el tiempo (y por ende liberando energía con ello aumentando la entropía), como aceleran su movimiento, la materia se calienta y como se desaceleran se enfría, si se continuara este enfriamiento a un punto de cero absoluto, los átomos que constituyen la materia dejarían de moverse y es desconocido para la ciencia lo que pasaría en dicho escenario; por lo tanto teóricamente imposible llegar a un nivel cero de entropía.

que tendrá el deterioro ambiental sobre el proceso económico deben ser considerados. Así para el escenario visto en el apartado 1.2 que plantea en informe Stern, parece necesario constituir una teoría de los Recursos Naturales sintética tomando las visiones de la Economía Ambiental y de la Economía Ecológica para complementar a la teoría ortodoxa en una mejor constitución de una teoría de desarrollo sustentable; a su vez desde el punto de la tecnología parece de igual relevancia discutir las posibles aplicaciones de la tecnología ; no es posible seguir viendo a la tecnología desde la caja negra⁸² , es necesario explicarla para poder intentar predecir acertadamente los efectos que tendrá sobre el sistema material su aplicación.

Por lo tanto es aparentemente necesario ver la evolución de las teorías para analizar como es que éstas se llegaron a enfocar en un desarrollo que llevó a un proceso de calentamiento global junto con una degradación de los recursos naturales antropogénicos, problemas que han afectado y se pronostica afectarán al desarrollo en el futuro siendo incluso muchos de estos problemas en gran parte incuantificables. Estas teorías ortodoxas aparentan no poder abordar los problemas de los recursos naturales. ¿Pero acaso las conocemos lo suficiente? Así en el trabajo se intenta dar una relación entre la evolución de las teorías económicas en cuanto a su apreciación de los recursos naturales y de la tecnología con el fin de tratar de identificar sus limitaciones y capacidades para un análisis más adecuado de la sustentabilidad y su relación con la Tecnología.

⁸² Ver pág. 10

Segundo Capítulo: La Economía y los Recursos Naturales

A continuación se hace una breve compilación de las teorías económicas dominantes y como estas han tomado en cuenta a los recursos naturales. El primer paso para lograr una aproximación a la teoría de la tecnología sustentable es el análisis de las teorías económicas y su concepción de la tecnología y de los recursos naturales. El objetivo de hacer este análisis histórico es intentar definir la estructura actual del mismo análisis económico ecológico en sus dos vertientes principales críticas de la economía ortodoxa, la Economía Ambiental y la Economía Ecológica, la consolidación de estas escuelas se da gracias a los trabajos de autores que comienzan darle un valor a los recursos naturales renovables, la contraposición de ambas teorías nos podría ayudara a definir teóricamente el concepto de tecnología sustentable desde la visión del desarrollo sustentable planteado por estas.

Como ya se mencionaba y como es descrito por Common y Stagl⁸³ los conceptos de economía y ecología surgen de la misma raíz griega "eco" que significa casa, Economía como la "contabilidad de la casa" y ecología como la "ciencia de la casa". La teoría económica con el paso del tiempo ha ido cambiando su forma de apreciar a la ecología, estos cambios en la apreciación de la misma puede ser explicada por diversos factores sociales históricos y naturales que han cambiado a lo largo del tiempo, modificando la participación de la naturaleza según su valor en la teoría económica. La visión ha sido de que los bienes naturales al ser tan abundantes como el aire que tiene una demanda perfectamente inelástica siendo un bien totalmente necesario e insustituible, pero como es tan abundante no pagamos nada por él y las personas que lo contaminan, hasta hace pocos años no tenían que enfrentarse a ningún tipo de legislación que los restringiera. Hasta que entro en el sistema la noción de escases de aire limpio, el aire limpio depende de

⁸³ Common y Stagl (2008) pág. 1

medios naturales como los bosques y los mares que lo purifican para hacerlo apto para la respiración humana entonces el medio natural es capaz de otorgar un servicio por la limpieza del aire contaminado dando paso a nuevos conceptos en el desarrollo de teorías que modificaran a la economía ortodoxa desde una posición de sustentabilidad débil con la Economía Ambiental y desde una sustentabilidad fuerte con la Economía Ecológica. La visión económica ortodoxa neoclásica de los recursos naturales se enfoca a un análisis mediante un sistema de precios, las externalidades negativas se pueden omitir con retribuciones como con impuestos Pigouvianos, siendo la misma pérdida de diversidad biológica una externalidad negativa remediable; este enfoque parece querer tomar en cuenta los recursos como ilimitados y sustituibles. Estos tres enfoques surgen de un proceso evolutivo en las teorías económicas como veremos a continuación.

2.1.- La Teoría Económica y la Ecología.

Como escribíamos en párrafos anteriores, la concepción ecológica y económica surge como la administración adecuada de los recursos. Ésta concepción tomaría especial relevancia con las concepciones teológicas de la edad media en la que el gran todo tanto de actividades humanas como de recursos naturales era guiado por la voluntad divina. Sin embargo a partir del Siglo XVII el hombre tomará un nuevo papel en el que cuestionara las concepciones teológicas con los nuevos descubrimientos científicos, este proceso como es descrito por Naredo⁸⁴ ; antes de la ilustración el mundo se concebía como un ente biológico completo en que el comportamiento del entorno para el hombre era visto como parte de un gran sistema viviente. Ésta idea es heredada de los griegos en la cual el ser humano era un “ojo espectador” la naturaleza no solo es un ser vivo, sino que es un ser pensante, ésta doctrina en que la naturaleza era un ser pensante con alma y pensamientos, se adaptó a la teología cristiana. La misma concepción también seguiría presente (en mayor o menos medida) en mercantilistas y fisiócratas,

⁸⁴ Naredo (2003) pág. 30

siendo que para estos el quehacer económico se basaba en la concepto de satisfacción de las necesidades, idea como vemos heredada desde el pensamiento aristotélico y pasado a las ideologías cristianas⁸⁵ en la que la extensión de la propiedad era aquella que permitiese vivir moderada y libremente. Dicha concepción chocara con el pensamiento de la ilustración en que el hombre tiene que tomar su poder de dominio sobre la naturaleza dominándola y eventualmente apropiándose de cuanto pueda de la misma. Los mercantilistas para el siglo XVII tomando este nuevo concepto del hombre dominante sobre la naturaleza verán como el comercio y las formas adecuadas de gobierno pueden acrecentar las riquezas de los estados, así comercio dominará la naturaleza el hombre cruzara mares y montañas para apropiarse de la riqueza.

2.1.1) Antes de la Escuela Clásica.

Para los primeros economistas como Wiliam Petty y Richard Cantillon las analogías naturales eran frecuentes, para ambos autores los rendimientos de la tierra eran constantes y ésta era la única fuente de valor. Petty formula una analogía escribiendo “el trabajo es el padre y principio activo de la riqueza mientras la tierra es la madre”⁸⁶ que siendo la tierra la única capaz de generar valor, la tasa de interés deberá estar fijada por la cantidad de producto obtenida por la renta de tierras equivalente al dinero prestado. En el escrito de Cantillon “Ensayo sobre la naturaleza del comercio en general” el autor denomina al factor tierra y su fertilidad como el elemento del que dependerá toda la economía.

Los economistas fisiócratas son los primeros en construir un modelo económico; basados en Cantillon y gracias a la guía de el médico Francois Quesnay, propusieron un método análogo con la naturaleza en el que la actividad económica fluía como la sangre en el cuerpo, dicha sangre reflejaba a el valor producido por la tierra que circulaba por la economía dándole vida.

⁸⁵ Véase Cuerdo y Ramos (2000) pág. 24 y 25

⁸⁶ Naredo (2003) pág. 28 tomado a su vez de Petty “Treatise of Taxes and Contributions” 1662

Los fisiócratas con Quesnay hacen una primera aproximación de medición económica mediante energía, para este, el sistema económico giraba en cuanto a la diferencia entre los insumos energéticos en el campo y su producto. El resultado del excedente físico en la agricultura se veía reflejado en el desarrollo de diferentes actividades ajenas a ésta⁸⁷ dando origen a los sistemas económicos. Sí parece claro que el sistema propuesto por Quesnay es válido, el problema radicó en que para él, el llamado “valor vital” establecía un tipo de producto en el cual el valor de uso era el mismo que el valor de cambio por lo que este producto podría reflejar un tipo de valor basado en la energía. Dicha igualación entre valores, le valió las críticas de los economistas predecesores. El valor vital daba en muchos casos mercancías abundantes con un precio muy alto razón por la que se desecho de las teorías imperantes siguientes de la economía; es importante ver como este intento de aproximación energética al sistema económico es retomado por los economistas ambientales y ecológicos más de 200 años después.

2.1.2) La Economía Clásica y el papel de los recursos naturales.

Para el tiempo en que Adam Smith publicaba “Ensayo sobre la naturaleza y causa de la Riqueza de las Naciones” el enfoque Newtoniano de un universo por conocer era ya la concepción dominante. La economía estaría ya encaminada a la emancipación de la moral, la política y la naturaleza⁸⁸. Smith toma muchas ideas de la escuela fisiocrática, está convencido que la agricultura es la principal fuente de riqueza. A su vez refleja ya en su sistema económico una idea de precios y valores de cambio que van más allá de las concepciones fisiocráticas y mercantilistas del valor al establecerlo desde el trabajo. El autor adoptará el precepto de Jean Baptiste Say de que todos los productos finalmente se

⁸⁷ Los excedentes en la agricultura permitieron el avance de las sociedades que al no tener que dedicar todos sus recursos a la producción de alimentos pudieron diversificar sus actividades creando alfareros, militares, entre otros.

⁸⁸ Cuervo y Ramos (2000) pág. 39

intercambiaran por otros productos⁸⁹, esto puede implicar desde cierto punto de vista que Smith reconozca que no puede existir una sobreproducción y a su vez no reconozca límites físicos de los recursos materiales en su análisis; a diferencia de los fisiócratas quienes lo hacen evidente en su concepción energética.

Para David Ricardo la separación entre la naturaleza y la economía se ve realizada al ser el análisis del autor enfocado en el valor de cambio, para el autor la naturaleza juega un papel esencial en la determinación del valor, la conocida ley de los rendimientos decrecientes se sustentó en el periodo en que el bloqueo comercial napoleónico en contra de Gran Bretaña, causó que a la población creciente se le abasteciera con tierra cada vez de peor calidad, estas tierras representaban mayor trabajo para obtener la misma cantidad de producción agrícola, así se entiende de Ricardo que conforme aumentase la producción ésta tendría que utilizar tierras de menor calidad hasta el punto en que la peor tierra igualase al último salario necesario para su cultivo.⁹⁰ A su vez Ricardo consideraba que el progreso tecnológico podría frenar la llegada a un estado estacionario pero que este sería inevitable⁹¹. Así para Ricardo la naturaleza resulta indispensable en el análisis de la asignación del valor pero no resulta ser la fundamental, el valor de la tierra la determinara la percepción humana de la escasez de la misma hecha por los ámbitos de consumo de tanto capitalistas como campesinos.

El autor clásico que podemos decir le da una mayor importancia a los recursos naturales es Thomas R. Malthus. Este autor se preocupa al igual que los fisiócratas por los valores de uso, el valor de la alimentación es lo fundamental en el desarrollo de cualquier país; destaca que siempre hay y habrá demanda de alimentos. Malthus establece una teoría de necesidades en la que hay bienes de

⁸⁹ Ibídem pág. 44

⁹⁰ Véase Ricardo (1985) pág. 52 - 63

⁹¹ Como veremos en el próximo capítulo acerca de las concepciones de la tecnología, esta idea la heredaría Ricardo a Marx para quien el progreso tecnológico es una de las principales causas que frenaran el proceso de crisis.

primera necesidad y bienes de lujo, las necesidades están en contradicción con su producción; ya que la producción de bienes manufacturados puede responder favorablemente a los cambios en la demanda aumentando su producción; pero los bienes básicos alimentarios no pueden crecer con el aumento de la demanda ya que están condicionados a fenómenos naturales como la productividad de la tierra y los desastres naturales. El reconocimiento de límites físicos tan importantes en la producción de estos bienes básicos conlleva a la teoría en que el aumento de la población en forma acelerada sobrepasara el posible aumento de producción agrícola para mantenerla⁹². Dicha teoría también nos lleva a la teoría de la sobreproducción de Malthus⁹³ una de las bases de la teoría Keynesiana de la crisis; la producción de los bienes lujosos al verse activado por la esperanza de acumulación de capital por parte de los capitalistas manufactureros llevan a un estado de sobreproducción potencial. Malthus es considerado por diversos autores como el primer ecologista al analizar límites físicos al crecimiento, Cuerdo y Ramos⁹⁴ consideran que la publicación por parte del Club de Roma en 1972 del libro “Los Límites del crecimiento”⁹⁵ es de carácter neo maltusiano, en que el límite terminara paralizando el crecimiento económico, este nuevo límite es físico medioambiental. Se puede ver ésta tragedia Maltusiana aplicada a problemas socioeconómicos, ambientales actuales; un ejemplo es el que describe el artículo de Jared Diamond sobre el Genocidio en Ruanda⁹⁶.

El último autor clásico James Stuart Mill, establece en su libro de 1848 “Principios de Economía Política”⁹⁷ que es posible que exista un estado estacionario en el que la actividad económica no se elevará pero tampoco declinará, este estado estacionario de Mill era “deseable”, describe que el llegar a un estado en que mientras nadie es pobre y nadie desea ser más rico, es algo que no tiene por qué ser temido y menos rechazado. Postura semejante a la postulada por la Economía

⁹² Malthus (1979) pág. 56, 57

⁹³ *Ibidem*, pág. 232,233

⁹⁴ Cuerdo (2000) pág. 51

⁹⁵ Meadows (1972)

⁹⁶ Diamond (2006)

⁹⁷ Véase Mill (1985)

Ecológica en su debate en cuanto a desarrollo o crecimiento. Sin embargo para Naredo, Mill a pesar de esto, se ve dominado por la postura “mecanicista” “atropocentrista”⁹⁸ de la época, en la que la dominación de la naturaleza para el bien humano gracias a la aplicación de ciencias exactas es uno de los objetivos de la economía, llevando a la transformación de los valores naturales en valores del cambio.

Uno de los autores que mas tendrá una influencia en cuanto a la tecnología y los recursos naturales y manufacturados es William S. Jevons , quien en su obra “La Cuestion del Carbon” de 1865 plantea lo que algunos autores denominan la “Paradoja de Jevons” esta paradoja dice básicamente que en cuanto aumente la eficiencia de una tecnología en la utilización de un insumo ocupado por la misma, la utilización de este insumo aumentará debido a que la tecnología se expandirá y será mas utilizada dando como resultado un intento de reducción del consumo de un producto su incremento. Jevons desarrolla esta paradoja con las maquinas de vapor que utilizaban carbón como fuente fundamental de energía , como se perfeccionaron dichas maquinas para utilizar menos carbón por mas cantidad de trabajo generado, aumento su utilización; La paradoja es abordada de forma importante por los críticos a la tecnología, en especial desde las posiciones del decrecimiento económico, sin embargo abordaremos ésta cuestión fundamental mas adelante en el cuarto capítulo en las conclusiones; sí lo que decía Jevons es en realidad cierto, para el caso de una tecnología sustentable como es imaginada en este trabajo la aplicación de la paradoja tendrá un doble filo; debido a que por una parte la búsqueda de la eficiencia termodinámica y la baja contaminación podrían en efecto llevar a una mayor utilización de la energía sin embargo se considera que este efecto por el tipo de tecnología causaría una evolución de la misma hacia el ahorro energético terminando en un beneficio neto.

Los economistas clásicos se enfrentan a un proceso en el que concepto de valor cambiará drásticamente; Smith le atribuía valor importante a los recursos

⁹⁸ Naredo (2003) pág. 62 - 63

naturales, pero Ricardo cambiará esto especificando que el valor será solo añadido por el trabajo del hombre, los recursos naturales incrementaran el valor de uso pero no se reflejaran en el valor de cambio. Así como describe Cuervo⁹⁹ la concepción, cambió a entender la riqueza como todo aquel elemento material útil o agradable que poseyera un valor de cambio; para que esto se cumpliera, era necesario que este bien tuviera un propietario que le designaría un valor de cambio. El pensamiento clásico después de Ricardo llevará a una separación por medio de la concepción del valor de la naturaleza y la economía, los autores posteriores de ésta línea del pensamiento se dedicarán a formalizar dicha separación.

2.1.3) *Marxismo y Ecología*

Calos Marx es un crítico de la economía política clásica, muy importante en la investigación tanto por su forma de ver el mundo natural como por su concepción de la tecnología.

Dentro de su crítica y su concepción del desarrollo del capitalismo, se da cuenta de la gravedad social de los problemas de la degradación ambiental, influenciado por Engels quien describe en diversas de sus obras la “devastación ambiental” que el hombre ha causado con el desarrollo del capitalismo. Engels descubrió y denunció problemas ambientales severos que se gestaban a partir del avance del capitalismo; reconoce que el avance tecnológico junto al capitalista lleva al hombre a dominar la naturaleza, dominio que en su afán de búsqueda de la ganancia causa en veces que el beneficio del dominio sea anulado¹⁰⁰. Dicha influencia de Engels sobre Marx causará que este último tome una posición semejante; así Marx será un autor que relacionará el progreso del capitalismo con el progreso de la devastación ambiental, por ejemplo tomamos ésta cita marxista

⁹⁹ Véase Cuervo y Ramos (2000) pág. 67

¹⁰⁰ Engels (1978) pág. 145

del primer tomo del capital: “Todo progreso de la agricultura capitalista no solo es un arte de esquilmar al obrero, sino a la vez en el arte de esquilmar al suelo¹⁰¹”.

El carácter del pensamiento Marxista al considerar el deterioro ambiental explícitamente como parte del sistema llevo según Cuervo y Ramos¹⁰² a lo que hoy se conoce como el Marxismo Ecológico que atribuye los problemas ambientales a los problemas de la lucha de clases.

Marx así atribuye los problemas ambientales a la problemática social pero de otra manera los aleja del sentido teórico económico. Es conocido¹⁰³ que Marx y Engels estaban de acuerdo con la primera ley de la termodinámica¹⁰⁴ y su aplicación en la económica pero no incluían en su análisis los términos de la ya formulada segunda ley, sobre todo desde la concepción de la entropía. Dicha posición llevo a Engels a rechazar los trabajos realizados por Sergei Podolinsky (quien como veremos más adelante trato de establecer una teoría del valor sustentada en términos energéticos), acusado de cometer el mismo error que los fisiócratas al tratar de establecer un valor vital en el que se igualaran los valores de uso y de cambio de ciertos bienes. Siendo incalculable en términos energéticos la producción industrial¹⁰⁵. Aunque cabe destacar que Podolinsky, al parecer recibió una respuesta favorable de parte de Marx en la única carta que este le respondió (perdida lamentablemente) acerca de sus análisis energéticos del plustrabajo; de la que se tiene la respuesta de Podolinsky emocionado agradeciendo a Marx sus comentarios.¹⁰⁶

La principal complicación en el análisis marxista es que el autor al igual que Ricardo confiere el valor únicamente al trabajo humano, por lo tanto para el autor el valor de cambio, será la única forma de valor social de las mercancías, constituida en base a trabajo social. Este planteamiento del valor nos podría llevar

¹⁰¹ Marx (1979) pág. 612

¹⁰² Cuervo y Ramos (2000) pág. 86

¹⁰³ Véase Naredo (1987) y Cuervo y Ramos (2000)

¹⁰⁴ Véase el capítulo anterior para descripción de las leyes.

¹⁰⁵ Martínez Alier y Schlupmann (1991) pág. 67

¹⁰⁶ *Ibidem* ,pág. 83

a considerar que la separación entre teoría económica y naturaleza toma un carácter más formal con el pensamiento de Marx a pesar de que Marx era un ecologista, por cuestiones probablemente ideológicas¹⁰⁷ al parecer contribuirá a la separación de las ciencias. Cabe destacar que ésta visión de valor marxista predominó en las economías socialistas, los conceptos marxistas transferidos al leninismo resultaron en políticas de expansión de las industrias pesadas y propiciaron degradación ambiental en igual o mayor medida que en los países capitalistas¹⁰⁸.

2.1.4) La visión Neoclásica sin la Ecología.

El pensamiento neoclásico surge al final del siglo XIX, cambia la esencia del análisis económico; del crecimiento económico dinámico en el largo plazo a la eficiente alocación de los recursos en el punto de vista estático. Este nuevo análisis apoyado de una forma directa en las matemáticas, aleja el enfoque de temas abordados anteriormente por los clásicos como el papel de las instituciones sociales, de la demografía, geografía y de los recursos naturales; como describe Cuerdo y Ramos¹⁰⁹, la economía “marginalista” se enfocó en los conceptos desarrollados por los clásicos, el valor aparecerá en relación directa con lo que es apropiable y valorable. Este análisis permitió un análisis teórico deductivo en el que los recursos aparecen como sustituibles, llevado a la concepción de que la tecnología aplicada en la función de producción permitiría combinaciones tales que todos los factores podrían resultar sustitutos; llevando la preocupación por los recursos naturales a un nivel de olvido relativo. A su vez se toma un modelo newtoniano físico en el cual existe un equilibrio determinista, en el que se pueden

¹⁰⁷ El obrero, el campesino el científico que trabajan son los únicos que puede imprimir valor a las cosas al dejar en ellas el trabajo social.

¹⁰⁸ La imposición extrema de las políticas de desarrollo sin ningún tipo de regulación (ni piguviana) pudo ser hasta peor para el medio ambiente. Un caso de esta devastación puede ser el del Mar de Aral, las políticas industriales y de cultivos intensivos en las ex regiones soviéticas de Uzbekistán y Kazajistán desde los 1960's causaron la extinción de dicho mar.

¹⁰⁹ Cuerdo y Ramos (2000) pág. 92

explicar todas las variables del sistema a partir de la deducción lógica. Estas percepciones que complicarán en el futuro el análisis de la sustentabilidad comenzarán con las definiciones de la utilidad, que cambiara a ser subjetiva llevando al análisis a nivel de individuos que a veces pudiera parecer se encuentran aislados en tiempo y en espacio.

Según Naredo¹¹⁰, es León Walras, el autor que hace la primera distinción de la riqueza fuera del contexto clásico, la define en términos de la utilidad y la escasez pero a diferencia de los clásicos ésta terminología de necesidad y escasez más que venir de un efecto biológico viene por un efecto psicológico como un “deseo” de adquirir satisfactores. Continúa explicando Naredo, que Walras atribuye el valor de cambio tanto a la utilidad con la escasez es decir a la utilidad marginal¹¹¹. Estas concepciones continuarían por definir los bienes económicos, estos bienes por sus características vistas terminarían por excluir a la mayor parte de los recursos naturales; el término de la escasez relativa se sienta sobre los precios, precios que solo se pueden asignar a bienes apropiables e intercambiables.

El siguiente aspecto que cambio radicalmente la visión en los neoclásicos, es el establecimiento de la “racionalidad económica” en la cual se pretende dar un patrón de actuación “racional” predecible (y aparentemente deseable) a todos los individuos. En el tiempo en que los primeros autores neoclásicos publican sus obras la Física Newtoniana está ya en su apogeo, las deducciones lógicas que la física utilizaba a partir de ciertos principios teóricos simplificados lograba una aplicación universal. Estos principios llevaron a los economistas a establecer principios parecidos, así surge la idea de la racionalidad económica, en la cual quedo establecido que el individuo racional busca siempre en base a los bienes y servicios consumidos maximizar su utilidad y beneficio.

¹¹⁰ Naredo (2003) pág. 201

¹¹¹ Ibidem. pág. 202 - 205

La asignación de los recursos en el sistema neoclásico, se basó en la premisa de que todos los recursos son escasos, es necesario llegar a la mejor asignación posible de dichos recursos; los clásicos entendían los límites físicos de los rendimientos decrecientes pero en la escuela neoclásica este sentido cambia, ya que los rendimientos se modifican según la función de producción; que a su vez cambia gracias a la tecnología (estado del arte) cambiando la función a una nueva. Lo anterior es que aunque todas las funciones de producción son decrecientes, si se suman a lo largo del tiempo se puede tener una función continuamente creciente gracias al progreso técnico aunque como vemos en el próximo capítulo este se tomaba como exógeno al sistema económico (no se explicaba). Por lo tanto podemos decir que los neoclásicos en general no reconocían límites físicos, sino como escriben Cuerdo y Ramos¹¹² “el sistema basado en una mecánica social newtoniana seguía los principios de equilibrio y conservación donde los fenómenos son completamente reversibles. Así cualquier perturbación, llevara al sistema a buscar nuevamente el equilibrio. Este sistema en si supondrá la sustitución de factores; como describe Naredo¹¹³, el pensamiento neoclásico acepta la idea de que cualquiera que sea el problema siempre se inventará algo para solucionarlo, se encontraran nuevas fuentes de energía, ya que si un bien se hace escaso el mercado le dará mayor valor llevando a que se utilice este bien en menor medida y sea eventualmente sustituido por otro.

El discípulo de Schumpeter Georgescu-Roegen padre de la bioeconomía (que luego daría pie a la economía ecológica) llamaría a ésta tendencia Neoclásica la “falacia de la sustitución sin fin” de la que escribe: “dado de que todas las clases de recursos juntos representan una cantidad finita, ningún cambio meramente taxonómico puede hacerla ir más allá de esa finitud”¹¹⁴ Esto retoma el concepto clásico de que el sistema tiene límites lo que hace la tecnología es solo frenar el avance a la llegada a ese límite pero no lo evita. Así los pensadores neoclásicos en su análisis terminarán llegando a un determinismo tecnológico por considerar la

¹¹² Cuerdo (2000) pág. 104

¹¹³ Naredo (2003) pág. 255

¹¹⁴ Georgescu-Roegen (1976) pág. 36

tecnología como algo exógeno al sistema económico pero capaz de en algún momento generar cualquier producto a partir de cualquier insumo¹¹⁵.

Estos conceptos mecanicistas al igual que el pensamiento marxista tomaban en cuenta la primera ley de la termodinámica pero no la segunda; la transformación de la energía a un estado irrecuperable no fue tomada en cuenta por la teoría neoclásica en general, solo autores como Pigou, Hotelling (como veremos más adelante), Jevons y Cournot analizaron ligeramente las implicaciones de ésta segunda ley pero la excluyeron del análisis económico como tal.

El planteamiento neoclásico sería el planteamiento predominante por lo menos hasta los 1930's; el ascenso de las ideas de John M. Keynes, llega a romper muchos de los esquemas desarrollados por los Neoclásicos como los conceptos de equilibrio automático, el pleno empleo y muchas simplificaciones que había hecho la teoría neoclásica que no estaban reflejando ser la mejor forma de abstraer la realidad. Sin embargo para el presente estudio, el planteamiento Keynesiano no trajo grandes cambios para la ya establecida desde el siglo anterior separación de la economía y la ecología. Como describe Cuerdo¹¹⁶, el sistema Keynesiano aunque reconoció que los sistemas de medición de los economistas podrían estar mal enfocados al tratar de medir en términos cuantitativos sobre conceptos que no se prestaban a su medición en términos agregados no contribuye a la reconciliación de la teoría económica con la ecología. Inclusive los preceptos de producción keynesianos para estimular la demanda efectiva pueden ser probablemente más dañinos para el medio ambiente que los neoclásicos al fomentar la actividad económica productiva en una forma acelerada; la política productiva armamentista gubernamental es una política basada en las ideas de Keynes, incluso es probable que a partir de las ideas de Keynes se fortalecieran las ideas de "obsolescencia planeada" en las cuales generalmente se recorta el tiempo de vida de un producto ya sea en forma de calidad o de modo, para obligar

¹¹⁵ Véase el Capítulo 3

¹¹⁶ Cuerdo y Ramos (2000) pág. 114

al consumidor a estar continuamente adquiriendo uno nuevo, fortaleciendo los procesos de industrialización.

A su vez fue a partir de los planteamientos de Keynes en particular los concebidos a partir de la teoría general¹¹⁷, se creó el llamado moderno sistema de cuentas nacionales; sistema que hasta hace pocos años no tomaba en cuenta ni los recursos naturales, ni la contaminación. No es hasta los 1970's con el nacimiento de la economía ecológica que la ecología y la economía se volverán a acercar. Los economistas neoclásicos lograron establecer un método lógico deductivo en la economía gracias al cual se originaron nuevas ideas y teorías que explican de una forma real una variedad de comportamientos, estas teorías en sus aplicaciones económicas permitieron el crecimiento económico de algunas sociedades a grados no imaginados por los economistas predecesores; sin embargo dicha mecanización a su vez llevo al alejamiento de la economía como ciencia social, de la valoración más que económica de los recursos naturales. Así probablemente las aplicaciones de la teoría neoclásica que han sido capaces de llevar a un crecimiento económico al suponer una función de producción infinitamente creciente¹¹⁸ y una sustituibilidad entre factores; podrán a su vez llevar a problemas medioambientales que capaces de llegar a causar que este crecimiento se vea anulado (como citamos a Engels en el apartado anterior) y a veces incluso sobrepasado por el daño causado, un ejemplo de esto es el cambio climático y los panoramas descritos en el Informe Stern ilustrados en el capítulo anterior. (Gráfica 1.1)

2.1.6) Arthur C. Pigou y la Economía del Bienestar.

Al margen de la economía neoclásica uno de los pocos autores que retomaron la concepción de la naturaleza de los primeros clásicos fue Cecil A. Pigou quien en su libro "La Economía del Bienestar"¹¹⁹ de 1920 analiza los efectos externos de la

¹¹⁷Véase Keynes (1987)

¹¹⁸ Al igual que la marxista como se describe en el apartado 2.1.3.

¹¹⁹ Pigou (1950)

actividad económica entre los diversos individuos, ésta externalidad no era corregida por el mercado, era necesaria la intervención del estado para corregirla y regresar al estado de equilibrio. Una de estas externalidades la representa la contaminación.

La visión de economía del bienestar busca obtener la maximización del bien social, retomando un poco la visión clásica en la que se busca “el mayor bienestar para la mayoría”. Pigou caracterizó una serie de situaciones en las que el bien individual chocaba con la concepción del bien público, lo que maximizaba la utilidad de un individuo afectaba a la comunidad por lo que era necesario que el estado, siendo ejemplo de la voluntad conjunta de la sociedad regulara estas situaciones. Así Pigou establece que las externalidades generadas por una empresa aumentan su beneficio relativo ya que al externalizar su contaminación ésta contaminación aumenta el costo social¹²⁰, por lo tanto la empresa está tomando recursos de la sociedad al transmitir sus costos de producción. La diferencia entre el costo marginal privado y el costo marginal social resultara como una falla en el mercado; para Pigou la mejor forma de corregir ésta falla es aplicando un impuesto que permita reducir el costo social a su nivel original sin estas externalidades¹²¹. Esto llevaría a la aplicación de un impuesto equivalente al daño marginal neto llevando a un nivel de contaminación “óptimo”, este punto como veremos más adelante con la economía ambiental es el punto donde se igualan los costos marginales externos y el beneficio privado marginal neto, o sea donde se iguala el daño causado por una unidad adicional de contaminación y el beneficio privado neto. Este impuesto llevaría a la empresa a maximizar su beneficio con una restricción en su función de beneficio, este impuesto serviría para regresar el bienestar social tomado por la contaminación. Como describen Cuervo y Ramos¹²² el enfoque Pigouviano de fácil intervencionismo no tomó en

¹²⁰ La sociedad absorbe los problemas de se generan. Un ejemplo sencillo es el de un pueblo con agua sucia, todos los habitantes tienen que instalar filtros especiales para eliminar las toxinas vertidas al río por la fábrica, aumentando el costo de vivir en ese pueblo.

¹²¹ Como la contaminación; regresaremos a este punto más adelante en el apartado de Economía Ambiental.

¹²² Véase Cuervo y Ramos (2000) pág. 129-135.

cuenta factores como el de la propiedad privada; Cuervo y Ramos citan a Frank Knight quien en su libro “Sofismas en la Interpretación del Coste Social” de 1924 critica a la teoría de la economía del bienestar. Un ejemplo a la contaminación parecido al de Pigou¹²³ (que critica Knight) para el caso de la contaminación podría ser; si queremos aplicar un impuesto a la contaminación de las aguas de un lago, (para países donde los lagos pueden ser propiedad privada) los dueños de este lago al ver el estado del mercado optarán por aplicar una cuota antes del impuesto por tirar los desechos en este lago, ésta cuota acabará por impedir la aplicación de un impuesto pigouviano a las empresas que contaminan el lago; esto debido a que otra carga a los costos de dichas empresas, las llevaría a producir seguramente lejos de puntos de “contaminación óptima”; alejando a la economía de este figurado máximo bien social. El lector seguramente considerará que la opción para seguir cumpliendo la función del impuesto, sería la aplicación de un impuesto adicional a la empresa dueña del lago sobre las mismas ganancias que está generando con la aplicación de la cuotas a contaminar; el problema metodológico sería que este ya no representaría un impuesto como lo figuró Pigou si los dueños del lago solamente se dedicaran a almacenar desechos¹²⁴, reflejando una especie de paradoja con el termino de bienestar social en sí.

Otro autor que critica a Pigou es Ronald Coase¹²⁵ quien en 1960 describe que desde la perspectiva pigouviana donde el objetivo es maximizar el bienestar social, es necesario que se tome en cuenta tanto al productor de la externalidad, como al receptor de la misma. Se deduce del planteamiento de Coase que este va en torno a que si lo que se quiere lograr es un máximo beneficio para todos, un mayor bienestar social, puede que la contaminación (o cualquier externalidad) a ciertos individuos valga la pena para el bienestar de la mayoría. Este pensamiento a pesar de parecer radical, es en general el pensamiento que se puede deducir del

¹²³ Véase Pigou (1950), El autor utiliza el ejemplo de dos carreteras una mejor que la otra, conforma aumentan los usuarios de la mejor carretera, se aplica un impuesto a esta con lo que se puede mejorar la segunda, teniendo como resultado final dos carreteras igual de buenas.

¹²⁴ Este mismo ejemplo es aplicable a las personas que concesionan sus terrenos para la creación de depósitos sanitarios.

¹²⁵ Véase Coase. (1994)

análisis de la escuela neoclásica. Coase también planteaba que la intervención del estado podría no ser necesaria, si los derechos de contaminación o de acceso a un recurso libre de contaminación estuviesen bien definidos (supongamos por acuerdos mercantiles privados), el mercado podría determinar entre las partes contaminantes y contaminadas cuanto unas recibirían por dejar que contaminasen y cuanto tendría que pagar las otras por poder contaminar. Coase describe que para el caso de que existan costos de transacción y estos sean muy altos para poder llegar a un acuerdo es posible que se requiera de la intervención del estado, pero se tiene que tomar en cuenta el costo de la utilización del mismo. Como señala Naredo: “Los problemas verdaderamente graves que plantea la crisis medioambiental no residen en estos impactos localizados y reversibles que trata Coase en sus ejemplos (...) sino aquellos mucho más complejos que rebasan las posibles delimitaciones de propiedad” ¹²⁶ Coase maneja que los agentes pueden llegar a acuerdos voluntarios pero esto solo resulta aplicable a formas localizadas (probablemente no sean reversibles como expresa Naredo), pero si localizadas. Así podemos decir que el enfoque Pigouviano resultaría en dado caso más adecuado cuando se tengan localizados a los contaminantes y a los contaminados y estos se encuentren en esquemas de contaminación reversibles (eliminando el problema intergeneracional); pero inadecuado cuando no se puedan identificar fácilmente a los contaminadores (por ejemplo, millones de automovilistas) y a los contaminados (esos millones de automovilistas, más el resto de los pobladores mundiales, más sus futuras generaciones)

La lógica Pigouviana al retomar los aspectos clásicos de bienestar social retorna un poco el tema económico al tema ecológico, su pensamiento también después llamado tradición Pigouviana sentará las bases de la Economía de los Recursos Naturales.

¹²⁶ Naredo (2003) pág. 270.

2.2.- La Economía de los Recursos Naturales.

2.2.1) Antecedentes

Desde principios del siglo XX, diversos economistas de la corriente neoclásica se comienzan a dar cuenta que los recursos naturales son necesarios en el análisis económico. Los recursos naturales que han sido incluidos en la teoría económica desde los fisiócratas son aquellos capaz de ser valorables; esto llevará a diversos autores a plantear mecanismos económicos para dar una mayor eficiencia al uso de estos recursos valorados.

-De los Recursos no renovables: Como se describe en Alier¹²⁷ L. C. Gray en su artículo de 1914 llamado “Rent under the Assumption of Exhaustibility” propone una regla que pretende maximizar el beneficio del propietario de un recurso no renovable; ésta regla dice que el propietario de un recurso no renovable va a tener que igualar el precio del mismo a la suma del coste marginal de extracción con el costo de oportunidad que implica la reducción del acervo existente; por lo tanto el límite para extraer, será cuando el valor de extraer una unidad más de este recurso es mayor a el costo de oportunidad de no extraerlo. Dicha regla en su aplicación puede ser limitada, ya que asume entre otras cosas que el dueño del recurso debe conocer cuanto le queda del mismo, que los recursos que quedan son de la misma calidad y que costará lo mismo extraerlos a lo largo del tiempo.

El autor que aborda más formalmente este tema será en 1937 Harold Hotelling, en su artículo llamado “La Economía de los Recursos Agotables¹²⁸”, el autor expresa su preocupación por el agotamiento de los recursos no renovables; su preocupación girará en torno a recursos naturales que ya han sido valorizados. Hotelling atribuía la situación a una falla de mercado en la cual el precio no reflejaba claramente el valor real de estos recursos no renovables; así hablaba de el valor que se perdería para siempre no pudiendo aportar un beneficio a la

¹²⁷ Véase, Martínez Alier y Schlupmann (1991), pág. 199 – 205.

¹²⁸ Véase Hotelling. (2003)

sociedad en el futuro por lo tanto como veremos la maximización del beneficio del dueño de los recursos beneficiaría a la sociedad en general.

Hotelling abordará el tema desde la estimación de un “precio neto”, que tendría relación con el precio del mercado del bien a lo largo del tiempo. Este precio neto debería de ser mayor que la tasa de interés compuesto; si no era así, sería conveniente para el dueño de dichos recursos extraerlos lo más rápido posible; causa que para el autor demostraba la desaparición de diversos recursos naturales que estaba bajo un precio neto erróneo siendo muy bajo e infravalorando el precio de estos recursos escasos en el futuro. Sin embargo, este agotamiento de los recursos no renovables no era el problema en esencia para Hotelling (que suponía la extracción¹²⁹ total de los recursos) sino que se extrajeran de una forma no óptima los mismos; para el autor la tasa óptima de extracción de estos estaría determinada por el precio neto este precio neto debería de reflejar una renta de extracción de los mismos actualizada a cada periodo durante el tiempo de dure la extracción del mismo, suponiendo una inflación positiva durante la vida del recurso natural si se mantiene el interés compuesto fijo¹³⁰ debido a la renta por la escasez relativa del recurso a lo largo de su extracción; este concepto de la renta de escasez en cuanto a recursos naturales se puede atribuir a los trabajos de Gray y Hotelling, el concepto hace referencia a la renta extraordinaria que surge cuando el recurso se va agotando. Este principio de escasez sin embargo no es la renta en sí, sino el estimador de la renta que se tendrá, esto se debe a que los propietarios de los recursos no tienen forma de saber si encontrarán más reservas o se creará una nueva tecnología que supla la necesidad de estos recursos; por lo tanto ésta incertidumbre sobre la posible aparición de nuevas tecnologías o recursos afectará a la renta que reciba el propietario de estos recursos por conservarlos.

Tanto Gray como Hotelling suponen “tasas de extracción óptimas”, aunque ninguno de los dos autores toma en cuenta las consecuencias de la extracción total de estos recursos al ser no sustituibles la consideración de la tasa de interés

¹²⁹ Definida como producción.

¹³⁰ *Ibidem* pág. 13-17.

compuesto general de la economía puede inferir una aceptación de la sustituibilidad de los factores, ya que la productividad global de proyectos de “capital manufacturado”¹³¹ incide directamente en la extracción de los recursos naturales no renovables. Las obras de los autores, sobre todo de Hotelling, significaron un avance en el pensamiento ambiental neoclásico. Este pensamiento neoclásico ambiental seguiría evolucionando a lo largo del siglo XX agregando nuevos conceptos en búsqueda de la adaptación de la teoría ortodoxa a los nuevos problemas ambientales.

Para lograr establecer una cantidad óptima de extracción a partir de la teoría de Hotelling se hace necesario identificar el precio superior del bien; precio al cual el propietario de los recursos no encontraría ningún comprador para los mismos, este precio es denominado por Hartwick y Olewiler¹³² como “precio de estrangulamiento”, a este precio máximo no hay cantidad demandada. A partir de la estimación de este precio se puede calcular la tasa óptima de extracción, al fijar el precio inicial inferior pero cercano al precio de estrangulamiento (precio muy alto al que no existe demanda), como describía Hotelling se prolongará la vida de dicho recurso. Para el caso en que apareciera una nueva tecnología este precio de estrangulamiento se pudiera modificar ya que en el caso que la nueva tecnología sustituya¹³³ en alguna forma este recurso podría hacer bajar el precio y en el caso que la tecnología utilice este recurso podría hacer subir el precio de estrangulamiento.

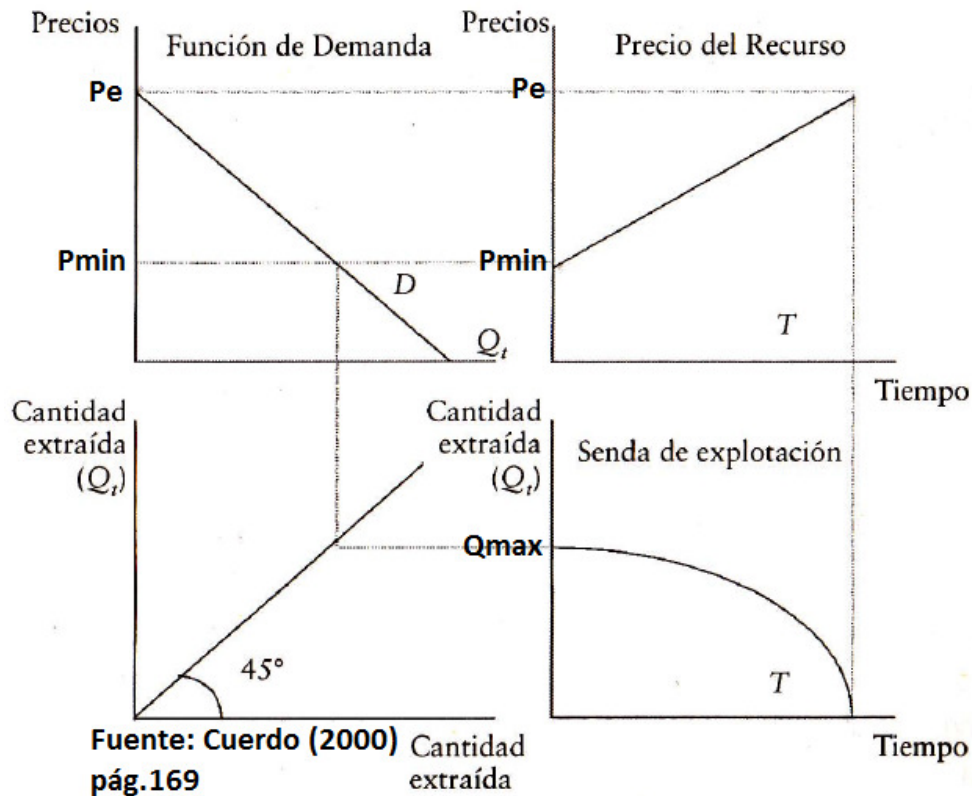
Como se puede ver en la siguiente gráfica (2.1), tomada de Cuerdo¹³⁴ se establecen dos precios diferentes un precio de estrangulamiento “ P_e ” donde el propietario de los recursos no tiene demanda por lo tanto no extrae los recursos y otro precio “ P_{min} ” donde el precio lleva al propietario de los recursos a extraerlo a su máxima capacidad de extracción “ Q_{max} ”.

¹³¹ Terminología utilizada para describir los bienes que han sido manufacturados por el hombre, en contraposición a los bienes naturales o el “capital natural”.

¹³² Véase Hartwick y Olewiler (1988) pág. 281.

¹³³ Llamada en inglés “Backstop Technology”

¹³⁴ Cuerdo (2000) pág. 169



Gráfica 2.1

La incertidumbre acerca de la evolución de los recursos también aplica para el descubrimiento de nuevos recursos¹³⁵ para el caso de que se modifiquen las reservas del recursos, el precio de escasez bajaría de nuevo a medida de la cantidad de estos nuevos recursos aumentara. En cuanto a la explotación de dichos recursos ésta cambiará dependiendo de la esperanza de encontrar nuevos recursos, a una esperanza alta de encontrar nuevos recursos (y dependiendo de la factibilidad de acceder a los mismos) la tasa de explotación será más alta que si hay bajas expectativas de encontrar nuevos recursos.

-De los recursos naturales renovables; el estudio económico ha estado en fuerte contacto con la biología, este fuerte contacto ha dado paso a las teorías como la

¹³⁵ Por ejemplo; el descubrimiento de nuevos yacimientos de petróleo.

Bioeconomía¹³⁶ que derivaría en la Economía Ecológica; siendo la Economía vista desde la biología. Las teorías de la Economía de los recursos naturales renovables ha abordado el tema de la utilización óptima de los recursos, generalmente la idea se basa en dos variables, una tasa de crecimiento intrínseco de este recurso natural, por ejemplo la tasa en la que un bosque es capaz de recuperarse¹³⁷, contra la tasa de explotación que se ejerce sobre el mismo recurso; resultando en la llamada capacidad de carga medioambiental¹³⁸. A continuación se puede ver la gráfica 2.2, tomada de Cuerdo¹³⁹, que nos explica como la economía de los recursos naturales formula una curva (heredada a la economía ambiental) en la cual se explica la trayectoria de la explotación de los recursos; en ésta figura se aprecia como la curva $F(x)$ implica una tasa de crecimiento del ingreso por la extracción del recurso, dicha tasa de crecimiento del ingreso tendrá un punto en el que existirá un máximo rendimiento sostenible denominado MSY ¹⁴⁰ en la gráfica; este punto estima la cantidad máxima de extracción del recurso que le permita regenerarse a tiempo para mantener dicha cantidad constante. El sobrepasar ésta MSY implica la sobre explotación del recurso, sobre pasando su capacidad de carga y llevándolo periódicamente a su extinción. La diferencia entre el costo total "CT" y los puntos de la función de ingreso representarán la renta del recurso, ésta renta máxima en el punto MSY justifica que no se extraiga más del recurso. E^* representa el punto en el que se lograra un equilibrio entre la cantidad extraída y la cantidad regenerada donde se iguala el ingreso marginal con la función del ingreso $F(x)$, sin embargo "MSY" representara el punto máximo de extracción sustentable y por lo tanto el más deseable, donde tenemos la cantidad máxima de extracción permitiendo la regeneración del recurso. Es importante esclarecer que dicha máxima tasa de extracción solo es posible si hay una coordinación social para la extracción del mismo recurso y que como se describe en el artículo "La tragedia de los

¹³⁶Véase Georgescu-Roegen (2000)

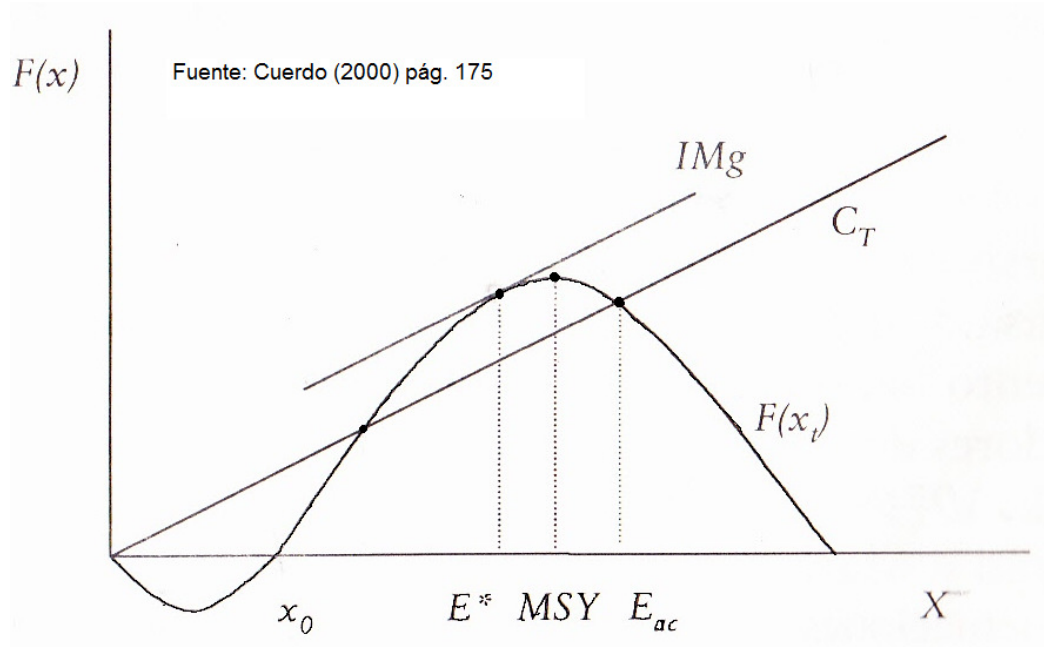
¹³⁷ Manteniendo sus capacidades regenerativas en conjunto ecológico; por ejemplo sin causar erosión a largo plazo por cultivo intensivo.

¹³⁸ Véase Cuerdo (2000) pág. 177

¹³⁹ *Ibidem* pág. 175

¹⁴⁰ Por sus siglas en ingles "Maximum Sustainable Yield"

comunes”¹⁴¹ si todos los agentes económicos capaces de acceder a un recurso natural limitado¹⁴² son capaces de acceder a un recurso buscando la máxima utilidad personal el recurso terminara por liquidarse para todos.



Gráfica 2.2

Con estas aproximaciones al crecimiento natural de los recursos con la curva logística $F(X_t)$ los economistas plantean las primeras formas de gestión de los recursos; aunque podemos ver que se sigue tratando de la maximización de la extracción de los mismos, sin tomar en cuenta los beneficios que pueden producir los recursos naturales por su conservación inalterada; por ejemplo la absorción de gases contaminantes por los bosques por el hecho de mantenerlos inalterados lleva a un mayor calidad de vida; a un mayor bienestar que no suele ser percibido directamente por los integrantes de la economía. Siendo contrariamente percibido cuando ocurre una gran pérdida de bienestar, convirtiéndose la pérdida en un problema tangible¹⁴³. A su vez podemos ver que hasta este punto la economía ortodoxa no toma en cuenta los problemas intergeneracionales fuera de un

¹⁴¹ Véase Hardin (1968)

¹⁴² Incapaz de sostener la extracción efectuada por la cantidad agentes en conjunto.

¹⁴³ Por ejemplo los problemas en las vías respiratorias causadas por la polución del aire; efectos que disminuirían si hubiese una mayor capacidad de captación de gases contaminantes con mejores bosques.

esquema inherente a las concepciones de escasez y de precios ya que si el precio neto de la extracción del bien representa la extracción del mismo ésta se realizará.

En cuanto a los desarrollos económicos de los recursos naturales concretos podemos ver el caso de la economía de la pesca, debido a los problemas de asignación de recursos junto con las reglas de extracción óptima de los mismos se ha llevado a su sobre explotación y desaparición. Otro caso concreto puede ser el de los bosques; la economía forestal bajo análisis de maximización de recursos ha optado por cambiar los tipos de arboles de las regiones buscando aquellos que le den más rendimientos; así ha convertido recursos renovables (alguna especie de árbol) en recursos no renovables. (debido a que esa especie no se cultivará mas)

A partir de los análisis de Harold Hotelling la economía de los recursos naturales ha avanzado en la formalización de los modelos matemáticos, hasta llegar a los problemas de la decisión multicriterio formulados por Kuhn y Tucker , que como Romero describe¹⁴⁴ permiten la optimización de varias funciones objetivo que pudiesen estar en conflicto, llegando difícilmente a un óptimo, sino más bien a un conjunto de soluciones eficientes en las que influirá el criterio del tomador de la decisión dominante que generalmente será una institución que represente los intereses sociales. Ahora se discutía con anterioridad si ésta institución es guiada de forma que en su política no toma en cuenta criterios intergeneracionales, ni los tipos de tecnologías la base del análisis y de la toma de decisiones, ésta pudiese no ser la mejor opción.

2.2.1) La consolidación de la Economía de los Recursos Naturales

En 1965 Kennet E. Boulding en medio de una excitación social por la carrera espacial entre la URSS¹⁴⁵ y los Estados Unidos, publica un artículo titulado “Earth as a Space Ship” en el que describe como la tierra es solo una nave espacial

¹⁴⁴ Romero (1994) pág. 57

¹⁴⁵ Unión de Republicas Soviéticas Socialistas.

viajando por el espacio, dicha nave espacial tiene recursos limitados dentro de un sistema primordialmente cerrado. Ésta visión en la época comienza a desarrollarse también por la primera crisis energética desarrollada a mediados de los años sesentas del siglo pasado por el decaimiento de las producciones petroleras mundiales y que se acrecentarían en los mismos años setentas por el embargo Árabe a la OAPEC¹⁴⁶ y la crisis de la guerra Iraní – Iraquí. Llevando pensar los problemas energético medioambientales como algo supra nacional. La conferencia de Estocolmo sobre desarrollo humano en 1972 llevaría a iniciar una discusión internacional sobre el tema de la contaminación y de la energía.

En el mismo año se publica el informe del Club de Roma “Los Límites del Crecimiento”¹⁴⁷ encargado al MIT¹⁴⁸; el informe toma en cuenta las tasas de crecimiento de la población y las capacidades de producción dada una reducción en los recursos naturales y sus capacidades para la regeneración. El estudio concluye que era recomendable cambiar los patrones que punteaban la forma en la que se debe de lograr un crecimiento económico, de no ser así la población mundial tendría que decrecer ya que la contaminación provocaría una falta de alimentos. El informe del Club de Roma a pesar de ser criticado ampliamente por los economistas ortodoxos¹⁴⁹ no paso desapercibido; los economistas se vieron en la necesidad de incluir los recursos naturales en la teoría económica; tomando las bases de la teoría del bienestar piguviana y la teoría de los recursos naturales basada en Hotelling se constituiría fuera del margen de la economía ortodoxa la Economía Ambiental.

-El desarrollo Sustentable: Dicha naciente preocupación por los recursos naturales llevo a los economistas a plantear nuevos esquemas teóricos que permitiesen conservar el acervo de los recursos en un grado que se permitiese seguir un crecimiento económico. Este debate llevo a la creación en 1983 de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo quien publica en 1987 el informe

¹⁴⁶ Siglas en inglés de la Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo; distinta a la OPEC.

¹⁴⁷ Véase Meadows (1972)

¹⁴⁸ Instituto de tecnología de Massachusetts.

¹⁴⁹ Naredo pág. 363

“Nuestro Futuro Común” encabezado por la Dra. Gro Harlem Brundtland (también llamado Informe Brundtland); en el informe se le da la definición más aceptada al desarrollo sustentable y a la sustentabilidad: “El desarrollo sustentable (...) es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”¹⁵⁰

Dicha terminología se enfrenta a diferentes problemas dentro de la economía ya que la valoración del futuro cae en contradicción de los principios de maximización de la utilidad y de costes de oportunidad; la teoría estipula que si se sacrifica un bien en el presente es porque se espera obtener un bien mayor en el futuro que rebase el costo de oportunidad por el tiempo que no tengamos dicho bien y para el caso del informe en el que se hace referencia a “generaciones futuras” se cae a cuenta que el beneficio de dicha abstención no beneficiará directamente a la generación presente¹⁵¹, más en la medida que a ésta le cause beneficio el saber que está beneficiando a generaciones futuras.¹⁵²

A su vez al establecer las condiciones en costos de oportunidad diversos economistas han visto ésta restricción a la contaminación y la utilización del medio ambiente como un freno al crecimiento y desarrollo económico¹⁵³ en cuanto a esto se desarrollan dos concepciones diferentes: Una más ortodoxa como la de Solow que describe, que el frenar el crecimiento por conservar la naturaleza lleva a dejar atrás el medio ambiente que ha creado el hombre, los conocimientos técnicos y las capacidades productivas.¹⁵⁴ La otra es una concepción como se describe en Pearce y Turner¹⁵⁵, en la cual por causas de la “irreversibilidad biológica”¹⁵⁶ y la incertidumbre sobre los procesos naturales lleva a que el conservarla puede ser

¹⁵⁰ Brundtland (1988) pág. 43

¹⁵¹ Si el hecho de hacer ejercicio y consumir alimentos adecuados llevando un estilo de vida más sano para nuestro futuro; a pesar de ser promesa para la persona misma que realice estas practicas de una mejor calidad de vida futura, se encuentra ante graves problemas de aplicabilidad en gran parte de la población. Puede resultar más difícil llevar un estilo de vida más sano para las generaciones futuras.

¹⁵² Beneficio que no tiende a ser apreciado.

¹⁵³ Causa que puede ser primordial por la que no se pueden llegar fácilmente a acuerdos internacionales sobre el tema.

¹⁵⁴ Solow (1991) pág. 181

¹⁵⁵ Véase Pearce y Turner (1990)

¹⁵⁶ La irreversibilidad se basa en el hecho de que existen procesos e información biológica que de desaparecer no hay forma de recuperarla con la tecnología. Por lo tanto las especies animales que se pierden es probable que nunca puedan recuperarse.

una estrategia adecuada ya que no se conocen las potenciales reales de la extracción de los recursos naturales¹⁵⁷. En parte, de estas diferentes visiones de la sustentabilidad más ampliamente discutidas, se dará la separación entre los conceptos de una “sustentabilidad débil” a una “sustentabilidad fuerte”, dando paso a la economía ambiental y a la economía ecológica respectivamente.

2.2.2) La Economía Ambiental.

Desde el pensamiento Neoclásico, la economía del bienestar y de los recursos naturales basada en Hotelling surge la economía ambiental. Probablemente el primer autor en hablar de equidades intergeneracionales desde ésta concepción es John Rawls, quien en 1971 publica el libro “La Teoría de la Justicia” entre muchas cosas según Cuerdo y Ramos¹⁵⁸, describe como la igualdad en las sociedades es deseable, pero en un contexto intergeneracional al no poder beneficiar la sociedad futura a la presente el principio se hace imposible. Solow¹⁵⁹ trabajará sobre ésta teoría y la desechará, concluyendo que la forma de llegar a ésta justicia es que el consumo per cápita de las generaciones crezca en la misma forma. Partiendo de un supuesto de que todos los recursos naturales son no renovables llegar a un estado estacionario en que la perfecta sustituibilidad de capital (que es renovable) y recursos naturales (no renovables) lleva a la maximización de un ingreso constante intergeneracional. El planteamiento de Solow sigue el concepto de Hotelling en el que la escasez del recurso no renovable incrementará su precio y reducirá su tasa de extracción. Estos supuestos al implicar la perfecta capacidad de sustituir los bienes implica un determinismo tecnológico que será capaz de llevar a modificar los recursos para tomar la forma de recursos productivos, entre las conclusiones de Solow destaca; que no es conveniente por dicha sustituibilidad, tener un consumo per cápita

¹⁵⁷ Cabe aclarar que esta conceptualización de conservación de los recursos naturales puede estar directamente relacionada con el progreso tecnológico; los cambios en las aplicaciones tecnológicas podrían llegar a causar que se descubran nuevas aplicaciones para recursos como el caso del plutonio que paso de ser un metal caliente “misterioso” a el más poderoso combustible.

¹⁵⁸ Cuerdo y Ramos (2000) pág. 198

¹⁵⁹ Véase Solow (1974)

constante si se puede tener un crecimiento exponencial, por lo que las generaciones presentes deben de aprovechar al máximo siguiendo las reglas de optimización estos recursos naturales siempre y cuando representes incrementos en el capital que es reproducible¹⁶⁰. Por lo tanto la capacidad de sustituir bienes no renovables por aquellos que si lo son determinara el grado de explotación de los mismos, al igual que el precio neto que está determinado por la tasa de interés compuesto. Para Solow entonces el aumentar el consumo bien fundamentado en producción e incrementos de capacidades productivas, no solo beneficiará a las generaciones actuales sino que a la vez beneficiará a las generaciones futuras.

Como se describe en Cuervo¹⁶¹ John Hartwick toma el modelo de Solow y le incluye los costos de extracción de los recursos y los costes por la depreciación del capital, así Hartwick plantea que si existe una depreciación del capital reproducible y existen costos de extracción de recursos naturales; solo puede existir un consumo per cápita constante si mantener el capital reproducible cuesta lo mismo que extraer los recursos naturales. Solow años después incluirá en el concepto de capital reproducible el llamado “capital natural” el cual en su acción de reproducción mitigará los efectos de la depreciación, junto con la acción de los precios de los bienes no renovables cuya inflación causaría una baja en sus precios de extracción y serviría para no tener que acumular más bienes de capital constituyendo la denominada regla Solow - Hartwick¹⁶².

La regla Solow – Hartwick (RSH) sería estudiada años después por una serie de economistas, que algunos autores han denominado como la Escuela de Londres; precedida por David Pearce, ésta escuela critica la RSH, en general considerando que la sustituibilidad entre el llamado capital natural y el capital manufacturado si puede ocurrir pero solo en algunos casos específicos. A su vez critican dicha concepción ortodoxa de la sustituibilidad en el hecho de que el capital natural a veces presta los servicios por si mismo, otorgándole bienestar a sus usuarios sin recurrir al capital manufacturado; servicios que el capital manufacturado no puede

¹⁶⁰ Ibidem pág. 41

¹⁶¹ Cuervo (2000) pág. 202-204

¹⁶² Ibidem, pág. 202

reproducir¹⁶³. Así la economía ambiental reconoce, que si la naturaleza produce servicios irreproducibles por el capital manufacturado, es necesario conservar este capital natural inalterado de la forma que pueda seguir produciendo los servicios irreproducibles por el capital manufacturado. Sobre la sustituibilidad limitada entre el capital natural y el capital manufacturado, es planteada por Pearce y Turner en 1990¹⁶⁴, en cuanto a cuatro factores fundamentales:

- a) La dificultad para conocer todas las aplicaciones y beneficios que genera el capital natural.
- b) La orientación del progreso técnico. La acumulación de capital manufacturado lleva a la destrucción de capital natural no contabilizado como insumo del mismo.
- c) La irreversibilidad de la pérdida del capital natural frente a la reversibilidad de la pérdida de capital manufacturado.
- d) La conservación del capital natural beneficia el proceso económico ya que al parecer está estar relacionada directamente con la agricultura y la incidencia de los desastres naturales.

Los economistas ambientales identificarán entonces que el problema clave radica en que se deberá mantener el mismo nivel de vida a partir de recursos que disminuirán. Por lo tanto no solo bastará la aplicación de la RSH sino que se tendrá que aplicar un proceso económico que tome en cuenta los “ciclos naturales¹⁶⁵” en especial, los ciclos de regeneración de los recursos naturales renovables; así la Economía Ambiental utilizará las técnicas de la economía de los Recursos naturales Renovables ampliándolos. Así es posible ver una especie de evolución teórica que va de la economía del bienestar a la economía de los recursos naturales y a al Economía Ambiental. Ésta visión de los recursos naturales por la economía, sigue cambiando, acercando en los últimos años los

¹⁶³ Por ejemplo, la vida.

¹⁶⁴ Véase Pearce y Turner (1995) pág. 69-76

¹⁶⁵ Ciclos presentes en toda la naturaleza, muchos de estos en cierta forma incomprensidos por el ser humano que regulan la actividad natural para mantenerla en un equilibrio aparente.

procesos económicos y los biológicos siempre desde una perspectiva económica, fuera ya del margen de la economía ortodoxa.

La economía Ambiental plantea la optimización de la explotación de los recursos naturales, analiza las políticas públicas, pero sobre todo, se basa en que realiza un análisis del medio ambiente en términos económicos y cuantitativos, es decir, en función de precios, costes y beneficios. Valora una amplia cantidad de capital natural tal como si fuera un bien económico intercambiable, así valora el agua, el aire, etc. Dicha valorización se da por medio del valor de cambio que es el valor que resulta del convenio social que engloba las preferencias de los consumidores y productores. Otros dos conceptos comúnmente utilizados en la economía ambiental son la “variación compensatoria” que implica medir el deseo de pagar una determinada cantidad de dinero para asegurarse un beneficio (mejora ambiental) o evitar una pérdida (daño ambiental); y la “variación equivalente” que implica medir el deseo de aceptar una determinada cantidad de dinero para tolerar una pérdida (daño ambiental) o renunciar a un beneficio (mejora ambiental).

El diseño de políticas ambientales en base a la Economía Ambiental requiere la valorización como capital natural de la naturaleza, concepto que está en arduo debate sobre la forma de valoración de la naturaleza ya que es un bien, que como establece la escuela de Londres puede ser irrecuperable y no se conocen aun las potencialidades de los recursos que pueden ser extintos. Dado la dinámica económica ésta teoría ambiental sustentada en una teoría procedente directamente de la teoría neoclásica ha sido la corriente dominante para abordar el problema ecológico desde la economía, si los efectos de ésta aplicación han sido ampliamente criticados, se considera es necesario reconocer que ha servido como parte de un proceso evolutivo de la ciencia económica en su entendimiento de la naturaleza que reconoce las limitaciones del enfoque ortodoxo para abordar los problemas ambientales y propone medidas concretas para su visión del desarrollo sustentable.

2.2.3) La Economía Ecológica.

Para Martínez y Schlumpman¹⁶⁶ la Economía Ecológica informalmente lleva más de 130 años de existencia, Shergei Podolinsky, Eduard Sacher, Herman Daly, Gerard Foley y Nicholas Georgescu-Roegen entre muchos otros, han contribuido a fortalecer ésta corriente del pensamiento económico. En 1903 el químico Frederick Soddy aconsejó a los economistas el utilizar la energía en sus análisis, estableció usos “vitales” y “laborales” de la misma, reprochando a los economistas el confundir a la economía con la crematística¹⁶⁷. Pero es hasta los 1970’s con la obra de Georgescu-Roegen de 1971, “La ley de la Entropía y el proceso Económico¹⁶⁸” se da la base que se requería para instaurar a la corriente como una forma dominante del pensamiento económico ecológico. Después en 1989 con la fundación de la revista “Ecological Economics” la corriente englobara sus ideas. Es en la primera edición de ésta revista que Constanza define a la Economía Ecológica como “una disciplina que tiene como objeto el estudio de las relaciones entre los ecosistemas y los sistemas económicos en sentido amplio”¹⁶⁹ a su vez define su diferencia con la Ecología por “la importancia que confiere al hombre dado tanto en especie y por el acento que pone sobre la importancia mutua de la evolución cultural y biológica”.¹⁷⁰ Así ante la separación de la teoría económica ortodoxa de la naturaleza, los autores desde el lado de la biología intentaron encontrar formas reales que asociaran a los sistemas económicos con los sistemas físicos del entorno.¹⁷¹

Una de las principales críticas de la Economía Ecológica a la economía ambiental es de que esta, solo comienza a tomar en consideración a los recursos naturales cuando estos entran en el concepto de la escasez, lo que generalmente ocurre cuando se presentan evidentes deterioros en los sistemas naturales que pueden ser irreversibles. De estos puntos es que desde la Economía Ambiental se

¹⁶⁶ Martínez Alier y Schlupmann (1991) pág. 9

¹⁶⁷ *Ibidem*, pág. 28

¹⁶⁸ Véase Georgescu-Roegen (1995)

¹⁶⁹ Constanza (1989) pág. 1

¹⁷⁰ *Ibidem*, pág. 4

¹⁷¹ En varios casos asociando los sistemas económicos con los energéticos como en los casos mencionados de la escuela Fisiócrata y Sergei Podolinsky.

haya llamado a la Economía Ecológica como la Economía de la sustentabilidad “fuerte”. A continuación analizamos el pensamiento de probablemente el autor más importante en nuestro análisis de la tecnología sustentable.

a) Nicholas Georgescu-Roegen:

Nacido en Rumania Matemático y Estadista de profesión trabaja en Harvard con Josep A. Schumpeter, en este tiempo según Carpintero¹⁷² Georgescu-Roegen adquiere la visión evolutiva del proceso económico como combinación equilibrada del análisis cuantitativo y cualitativo de Schumpeter. Georgescu-Roegen dedicará muchos años de su carrera a afianzar la nueva teoría cuantitativa neoclásica participando como editor en la revista norteamericana “Econometrica”. Sin embargo en los 1970’s el autor comienza a dar un giro a su carrera al preocuparse por la introducción a la economía de otras ciencias como la termodinámica y la biología. Llevándolo a ser clasificado como un disidente de la teoría ortodoxa¹⁷³; estos estudios continúan hasta la publicación en 1971 de “La ley de la Entropía y el proceso Económico” y de “Energía y Mitos Económicos¹⁷⁴” en 1976, obras que constituirán la teoría Bioeconómica¹⁷⁵ del autor. En estas obras el autor pone en evidencia la forma en que la teoría económica ortodoxa se limita a analizar mecanismos de maximización de utilidades en funciones restrictivas que solo llevan a la teoría a una incapacidad dogmática de aproximarse a la realidad¹⁷⁶ Se pueden resaltar dos aportaciones iniciales claves, en el pensamiento del autor que nos servirán de base para nuestro análisis de la teoría:

-En primer lugar propone utilizar perspectivas intergeneracionales al abordar los problemas de la escasez; al estar los recursos determinados por el mismo consumo intergeneracional. Así la maximización de la utilidad se debe de dar no

¹⁷² Georgescu-Roegen (2007) pág. 10

¹⁷³ Ibidem, pág. 14

¹⁷⁴ Véase Georgescu-Roegen (1976)

¹⁷⁵ Como el autor la llamaba; véase Georgescu-Roegen (2007) pág. 7

¹⁷⁶ Ibidem.

desde la perspectiva de un individuo, si no de todos los individuos que podrán acceder a los recursos tomando a estos como “inmortales”¹⁷⁷.

- En segundo lugar Georgescu-Roegen considera que las propensiones humanas son las principales responsables de los cambios económicos y al estas no ser totalmente predecibles por funciones matemáticas se lleva a los errores de la economía ortodoxa, errores como lo que el autor denomina la “falacia ordinalista” que pretende establecer ordenes a las necesidades humanas en una función que podemos recorrer según los factores que se incluyan en ella¹⁷⁸. La negación de ésta forma de cuantificación de la economía la podemos interpretar en cuanto al problema de la irreversibilidad, el proceso económico modifica la estructura del sistema de tal forma que no se puede dar marcha atrás, por lo que generalmente no se puede regresar simplemente a un lugar anterior de la ecuación en un plano cartesiano.

Se puede ver como el autor consideraba que la teoría económica al no incluir la totalidad de los factores y los conceptos intergeneracionales y de irreversibilidad sería incapaz de hacer una predicción correcta de la evolución de los sistemas económicos. Así, sin un correcto conocimiento de la situación real del sistema, no se puede predecir su futuro y mucho menos manipular para que este de frutos a sus integrantes.

b) Críticas a la Economía Ortodoxa:

- La tecnología: Georgescu-Roegen al igual que los economistas ecológicos y los economistas ambientales, en general reconocen que la tecnología no es capaz de lograr una sustituibilidad de los factores¹⁷⁹, por lo que es necesario conservarlos para las generaciones futuras; esto pone en evidencia la aplicabilidad de una tasa de descuento positiva para el manejo de los recursos. El determinismo tecnológico

¹⁷⁷ Georgescu-Roegen describe que dado que en un análisis en el que no se conoce el futuro de la humanidad se debe de garantizar los recursos necesarios para esta considerando que seguirá infinitamente; ya que de otra forma ponemos en riesgo los recursos para las probables generaciones venideras. Así se consideran dentro del planteamiento población y por lo tanto recursos eternos.

¹⁷⁸ Véase Georgescu-Roegen (1975) pág. 412

¹⁷⁹ Véase el apartado 2.2.2 tercer párrafo.

ortodoxo queda descartado a su vez por la segunda ley de la termodinámica y la implicación de que no existe maquina que genere el movimiento perpetuo o que funcione sin energía¹⁸⁰. A su vez Georgescu-Roegen introduce un concepto clave en el futuro análisis económico ecológico de “pasar con menos”¹⁸¹ este concepto nos muestra que el progreso técnico es una ilusión económica, que la entropía no se puede “traficar”¹⁸²; por lo tanto es necesario un desarrollo humano que no requiera tanta disipación de la energía.

-La valoración Monetaria de los recursos naturales: La economía ambiental a diferencia de la economía ecológica aborda a la cuestión de los recursos naturales desde la perspectiva económica y con herramientas ortodoxas de análisis. Debido a esto para la Economía Ambiental resulta necesario valorizar en términos monetarios la mayor parte de los recursos y servicios naturales. Dicha forma de valoración conlleva al concepto de preferencias; según las preferencias racionales de los agentes económicos, se asignarán valores a los recursos; valores que la Economía Ambiental dictamina que deben de ser por su utilización, por su no utilización y por saber de su existencia¹⁸³; ya que se deben de incluir las generaciones futuras. La economía ambiental para lograr la valoración monetaria se basa en los preceptos de la economía de los recursos naturales llevando a considerar en términos de escasez a los recursos junto con la sustituibilidad entre

¹⁸⁰ Un ejemplo sencillo es como aquel de tratar de hacer que un automóvil con un motor de combustión interna común, funcione a partir de agua separando las moléculas de hidrogeno para después hacer que estas hagan combustión en esa maquina ineficiente llevaría a la utilización de más energía que la que produciría el motor de combustión interna.

¹⁸¹ Véase Georgescu-Roegen (1977) pág. 318

¹⁸² El autor se refiere al tráfico de entropía como a la creencia que se puede omitir la segunda ley de la termodinámica y pasar de un nivel entrópico superior a otro inferior. Dentro de la descripción de la segunda ley se establece que la energía solo puede pasar de estados de menor dispersión a estados de mayor dispersión por lo que solo es posible la dispersión de energía. Probablemente el lector se pregunte que es lo que pasa con un sistema de refrigeración común como es el de un “Refrigerador” si bien es cierto que un refrigerador es capaz de enfriar la materia, este enfriamiento resultando en una disminución de la entropía generada por la materia que se enfrió, en realidad llevo a un proceso de liberación de energía mucho mayor de la que hubiera sido liberada si no se hubiese utilizado dicho refrigerador. Por lo tanto resulta en términos de eficiencia termodinámica la reconcentración de energía, una vez que esta se encuentra dispersa es muy difícil poder regresarla a su estado entrópico original.

¹⁸³ Véase Pearce y Turner (1995) pág. 174

los mismos. Como describen Cuervo y Ramos,¹⁸⁴ la economía Ambiental toma dos métodos fundamentales para la valoración de los recursos naturales:

-Método indirecto: se basa en la estimación de los excedentes económicos de los agentes por un bien común que su consumo se encuentra a su vez directamente relacionado con un bien ambiental.

-Método directo: Estima la disposición a pagar por un bien o mejora ambiental o la disposición a ser compensado por la pérdida de un bien ambiental o un empeoramiento del mismo.

La Economía Ecológica aborda estos temas desde un punto de vista crítico, la valoración monetaria en base a conceptualizaciones de costo – beneficio, no es viable debido a que no se conoce con certeza la forma en que el ambiente será perjudicado por las acciones humanas.¹⁸⁵ A su vez la valoración monetaria de los recursos naturales lleva a la errónea conceptualización de que los recursos capitales y materiales pueden ser equivalentes y sustituibles, mientras que unos son irrecuperables otros no lo son; es necesario tomar en cuenta el principio de la irreversibilidad. Así como ya hemos visto por el estado de la tecnología podemos no conocer las potencialidades de un recurso completamente (o incluso en mayor medida) por lo que su tasa de extracción calculada puede no ser la adecuada.

-El equilibrio material: La Economía Ecológica considera que el lograr un equilibrio económico es restrictivo, el equilibrio debe ser tanto ecológico como económico se debe alcanzar un “equilibrio material”, Según Cuervo y Ramos la Economía Ecológica duda que por medio de la aplicación de la economía ortodoxa se pueda alcanzar un equilibrio económico y ecológico, ya que la teoría ortodoxa solo considera en su análisis la primera ley de la termodinámica; suponiendo el principio de sustituibilidad de los factores están “forzando una solución que no se corresponde con la estabilidad de los sistemas naturales”.¹⁸⁶ Así la economía

¹⁸⁴ Cuervo y Ramos (2000) pág. 228 -238

¹⁸⁵ No podemos conocer las implicaciones de la aplicación de una nueva tecnología con certeza por lo que el cálculo costo – beneficio no representa para la Economía Ecológica más que una aproximación a lo que pudiese ocurrir.

¹⁸⁶ Cuervo y Ramos (2000) pág. 270

ecológica en general planteará la solución para alcanzar un equilibrio general¹⁸⁷ el analizar las necesidades del hombre para satisfacerlas con un desarrollo económico más que con un crecimiento económico, concepto fundado en el anterior visto “pasar con menos”. Dentro de este análisis Georgescu-Roegen considerara el desarrollo económico superior al crecimiento económico ya que el desarrollo económico queda definido como “la capacidad organizativa y flexible para crear nuevos procesos, antes que la facultad de producir mercancías”.

Georgescu-Roegen en su crítica a la economía ortodoxa incluye un modelo “fondo-flujo” en contraposición a la función de producción ortodoxa, en este modelo el autor toma en cuenta aspectos como los recursos naturales y los residuos. Este modelo junto con las aportaciones de Podolinsky, llevaran al planteamiento de la Economía Ecológica del la “Función de Coste Energético” que plantea una sustitución comparativa entre los costos monetarios con los costos energéticos en una misma función de producción dando como resultado una medida de eficiencia energética en el uso de los recursos naturales según el coeficiente económico. El coeficiente económico, inicialmente propuesto por Podolinsky¹⁸⁸ relaciona el consumo de energía con el total de trabajo efectuado, entre más alto sea este coeficiente más alta será la entropía. Así entre más eficiente sea un mecanismo extractor de trabajo gracias a un más avanzado estado de la tecnología¹⁸⁹, este representara una menor entropía y será más factible que se pueda alcanzar un equilibrio material.

La Economía Ecológica y la Economía Ambiental muestran como el comportamiento humano de los últimos años ha llevado al mundo a un punto de insustentabilidad ecológica, insustentabilidad que tarde o temprano se podrá ver reflejado en crisis económica. Este comportamiento ha sido llevado a cabo debido a la implementación de políticas basadas en una teoría que como veíamos en el último apartado, (para la Economía Ecológica y Ambiental) no puede hacer una

¹⁸⁷ Tanto material como económico.

¹⁸⁸ Martínez Alier y Schlupmann (1991) pág. 67 - 73

¹⁸⁹ Siendo tecnología diseñada para estos propósitos como la Tecnología Ambiental o la Tecnología Sustentable.

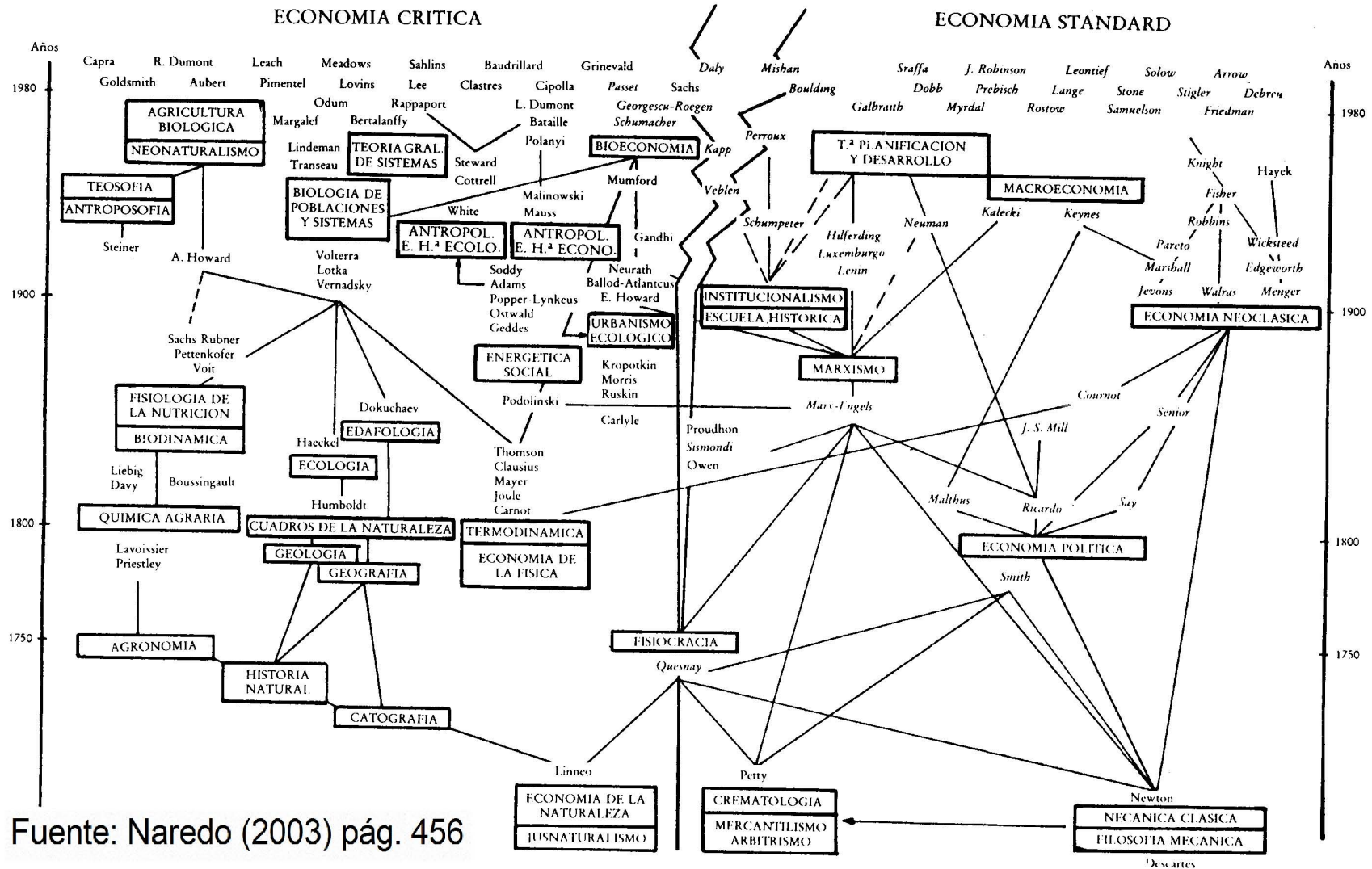
estimación correcta del desarrollo sustentable y por ende se podría llegar a decir, tampoco acerca de la Tecnología Sustentable, al buscar ésta, el desarrollo sustentable. Sin embargo desde la economía ecológica parece no existir un método coherente para poder llegar a un desarrollo humano que prevalezca; las aportaciones de la teoría de la Economía Ecológica parecen no ser coherentes ni factibles para un desarrollo económico en general. Si por un lado podemos ver a la Economía Ortodoxa y a la Economía Ecológica como algo separado; en si tienen los mismos objetivos ya que al final de cuenta todos los recursos podemos considerarlos como escasos¹⁹⁰ y deben ser administrados para todos, la eficiencia ortodoxa y la sustentabilidad no son conceptos tan alejados, puede que todo sea un problema de medición, si la economía ortodoxa fuese capaz de tomar en cuenta de una forma más realista la energía, la insustituibilidad de los recursos naturales, el problema intergeneracional y las implicaciones de la producción.

De forma parecida podemos ver a la Economía Ecológica como dura crítica de la Tecnología, la paradoja de Jevons es utilizada por la Bioeconomía pero también es claro que de alguna forma como veremos en el cuarto capítulo puede ésta confiar más en el avance de la tecnología de lo que aparenta. En la siguiente representación **gráfica 2.3**, tomada de Naredo¹⁹¹ se muestra la evolución del pensamiento Ecológico y Económico; a pesar del alejamiento de las teorías económicas más aceptadas de la visión natural podemos considerar que, la constitución adecuada del desarrollo sustentable (y de la tecnología sustentable) se dará con la inclusión tanto de la economía ecológica y ambiental como de la teoría ortodoxa. Por lo que la complementación de la teoría ortodoxa de los recursos naturales con la economía ambiental y ecológica, permitirán el desarrollo de una teoría mas “realista” y probablemente capaz de hacer estimaciones mas cercanas a la forma de desarrollo sustentable indicada.

¹⁹⁰ La conceptualización de la economía ecológica de que considerar algo como escaso puede ser malo resulta subjetiva, debido a que se vive en un mundo semi cerrado casi todo se puede considerar como escaso.

¹⁹¹ Naredo (2003) pág. 458

EL DIVORCIO ENTRE CREMATOLOGIA Y ECONOMIA DE LA NATURALEZA Y SU INCIDENCIA EN LA CRISIS ACTUAL DE LA CIENCIA ECONOMICA



Fuente: Naredo (2003) pág. 456

Tercer Capítulo: La Tecnología y la Economía.

Para poder analizar concretamente si la teoría económica ortodoxa en su visión de la tecnología junto con su visión de los recursos naturales es capaz de desarrollar una teoría de la tecnología sustentable como tal, es necesario analizar por lo menos brevemente la forma en que las diferentes teorías económicas han concebido a la tecnología. Podemos afirmar que el desarrollo del capitalismo desde una visión ortodoxa ha sido descrito desde la base del mismo desarrollo tecnológico, en la búsqueda de los agentes económicos por alcanzar un mayor beneficio en la producción y una mayor utilidad en el consumo. El proceso de innovación tecnológica moderno comenzó en si con la apropiación de los medios y procesos de producción por los primeros empresarios los cuales por los motivos anteriormente señalados buscaron la innovación la cual después de un tiempo se convirtió en factor obligado para que los mismos pudiesen sobrevivir a la competencia y lograr la maximización de su ganancia. El concepto de necesidad surgido a partir de Walras como un concepto psicológico del deseo llevaría hacia el desarrollo tecnológico para la producción que conocemos actualmente para la satisfacción de las necesidades.

3.1.- Economía Clásica

Para los economistas clásicos el término en si de tecnología no es formalmente expresado, pero comprendían sus efectos, en general asumen que la incorporación de nuevas tecnologías a la producción causará desequilibrios temporales en las formas de producción pero al final llevara a una baja en los precios.

Antes de la economía política clásica la tecnología ocupaba un muy pequeño papel en el pensamiento económico, para los fisiócratas el esfuerzo transformador que generaba la riqueza a partir de la aplicación de trabajo humano se asociaba muy poco al cambio tecnológico. Los pensadores mercantilistas rechazaban el libre comercio de los bienes de capital ya que suponían que estos daban ventajas comerciales que debía preservar el país, afirmación después criticada por Adam Smith por el “laissez faire”. Como nos explica Rosenberg¹⁹², en si, no es hasta la primera revolución industrial que el término tecnología cobra una mayor importancia, se convierte en el estudio de las artes útiles para le elevación de la productividad social. Gracias a la ilustración, el protestantismo y diversos cambios en la organización social de la Gran Bretaña surge la primera revolución industrial; la cual trae en si el Capitalismo, así se cambian los talleres por fabricas y se da una pauta para la innovación tecnológica hacia una extracción y utilización de la energía más intensivamente, los cambios surgen rápidamente así el primero es el cambio de la fuente de energía de la corriente hidráulica a la fósil con el carbón, lo que permitió concentrar la energía en lugares específicos y dio lugar al cambio radical. La maquina de vapor fue un invento que trajo una serie de innovaciones (innovaciones marginales y fomento nuevas innovaciones radicales) y todo un sistema de transformación al ser un cambio como describimos radical que trajo toda una destrucción creativa al cambiar los sistemas completamente; en poco tiempo se cambio la fuente de energía primaria de la madera y la fuerza de la corriente de los ríos al carbón, como se describe en Corona¹⁹³ triplicando la extracción de carbón en Inglaterra de 1750 a 1830. Este cambio llevo en si a que surgieran una ola de transformaciones como el perfeccionamiento del pulido de los camisa de los pistones de la maquina de vapor por Wilkinson en 1775 llevando la maquina de vapor a ser la innovación radical fundamental que as su vez fue acompañada de una serie de diversas innovaciones que conjuntas formaron el desarrollo primario del capitalismo como lo conocemos.

¹⁹² Rosenberg (1992) pág. 13 - 25

¹⁹³ Véase Corona (2002) pág. 31 - 33

Para Adam Smith las implicaciones de la tecnología quedan plasmadas directamente en su concepto de “división social del trabajo” Smith atribuye el trabajo como el factor que cambia para generar una mayor riqueza, manteniendo fijo el capital por lo que para él lo único que aumenta la riqueza (proveniente de la naturaleza) es la división social del trabajo y la proporción entre trabajadores productivos e improductivos. La forma en la que Smith conceptualiza a las máquinas es que estas permiten el aumento directo de la productividad de los trabajadores ya que estos por la misma cantidad de tiempo producen una mayor cantidad de trabajo. Debido a la centralización que hace Smith entorno a la “División Social del Trabajo” y debido a que ésta división no hace más que acrecentar los conocimientos empíricos del trabajador se puede decir que es un precursor del capital humano, así para Smith un trabajador quien se especializa se convierte en un ente más productivo debido a su educación; en su concepto de capital físico, Smith incluye estas capacidades adquiridas por la población empíricamente. Smith para bien o para mal, ve su enfoque económico circunscrito en el análisis por sus posiciones Éticas, lo cual es de esperarse ya que desde la publicación de su Teoría de los Sentimientos Morales en 1759 muestra una posición pesimista en cuanto a los desarrollos sociales y la educación, esto se puede decir que es en gran parte heredado por Thomas Hobbes¹⁹⁴. En la Riqueza de las Naciones podemos decir que atribuye a la educación empírica del trabajo, como la principal causante de los beneficios dentro de la División Social del Trabajo.

David Ricardo le dedica un capítulo llamado “Acerca de la Maquinaria” a su obra trascendental, Principios de Economía Política y Tributación¹⁹⁵, Ricardo concluye que las maquinarias son benéficas para la economía en corto plazo a medida de que sean capaces de dar al capitalista un mayor producto neto (ganancia) tan

¹⁹⁴ Hobbes en su obra “Leviatán” describe como la sociedad es una guerra de todos contra todos, pensamiento que tomara Smith para describir como el egoísmo humano es el causante del intercambio y por ello del desarrollo económico. En este contexto la educación formal para Smith es una forma más bien de hacer del hombre un ser menos inclinado al vicio.

¹⁹⁵ Véase Ricardo (1985)

alto que logre que este mantenga la misma cantidad de capital circulante (trabajadores) manteniendo la relación producto bruto y capital circulante¹⁹⁶. Dicha lógica de Ricardo lo lleva a concluir que los obreros y la maquinaria competirán en el corto plazo, a su vez postula que el progreso tecnológico aparecerá ante el capitalista como un método de defensa ante el alza de salarios. Para Ricardo es fundamental que la introducción de nuevas tecnologías aumente la ganancia neta en una proporción mucho mayor a lo que aporta el capital circulante para que este no se vea desplazado. Para el autor, como avanza la acumulación de capital proporcionalmente se invertirá más en maquinaria y equipo que en salarios.

Otros autores como Mill indican que el progreso técnico solo retrasa llegar al estado estacionario de una economía, Maltus y Barton aseguran que la introducción de nueva tecnología no tiene inferencia en el empleo ya que este depende exclusivamente de la proporción del capital circulante con el capital bruto y no del aumento del capital fijo¹⁹⁷.

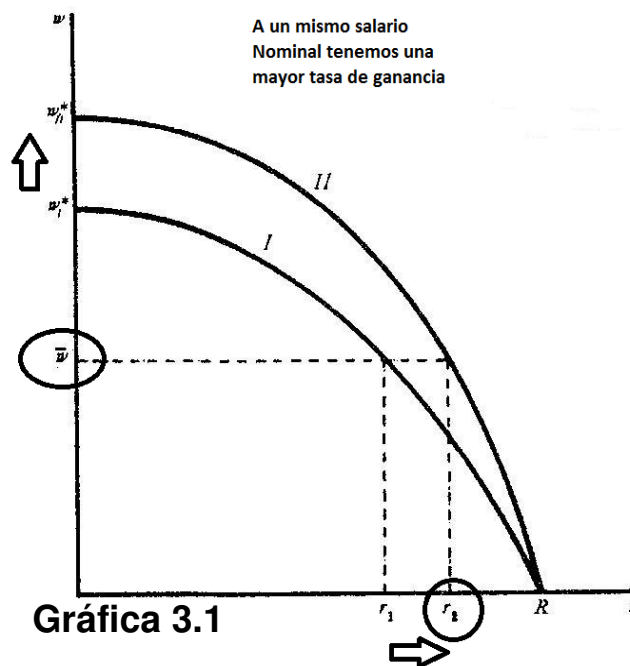
Jevons como veíamos en el capítulo anterior le da gran importancia a las tecnologías para el aumento de la productividad pero en sí, su paradoja descrita en el capítulo anterior es limitada a ciertos insumos sin duda es válida y debe de ser atendida de la misma forma por la economía ortodoxa.

El pensamiento clásico nace a partir de los cambios que genera la primera revolución industrial, ellos son los primeros en analizar el joven capitalismo que sigue siendo vigente en la actualidad, estas aportaciones permitieron llegar a una teoría económica moderna en sus diferentes facetas. Llegan bien a un consenso en que la producción depende de capital y trabajo, la inserción de nuevas tecnologías nos darán como resultado una baja en el precio de la mercancía. A continuación se muestra un ejemplo en la gráfica 3.1 de una curva de

¹⁹⁶ Para Ricardo cuando aumenta el Producto Neto por el incremento del Capital Fijo (una máquina o proceso) el Capital Circulante (los trabajadores) verá reducida su participación en el Producto Bruto por lo tanto no podrán comprar.

¹⁹⁷ Véase Corona (2002) pág. 45

producción representada por Targetti¹⁹⁸ donde R representa la Tasa de Ganancia Máxima, w_n^* representa el Salario Máximo y w representa el salario de subsistencia. En nuestro ejemplo la división del trabajo pasara nuestra curva de producción de I a II permitiendo al capitalista una mayor ganancia con el mismo nivel de salario de subsistencia pasando de r_1 a r_2 . La tasa de Ganancia Máxima Permanecerá constante debido a que el cambio se debe en la productividad del trabajo exclusivamente al hacer la división social del mismo; ésta productividad queda reflejada en el cambio del salario máximo de w^*_I a w^*_{II}



3.2.- El pensamiento Marxista.

El pensamiento de Carlos Marx en su visión de la tecnología a diferencia de la versión clásica, conceptualiza a la tecnología como un fenómeno endógeno que es determinante claro del desarrollo de las fuerzas productivas. Este desarrollo de las fuerzas productivas en función con las relaciones de producción determinará

¹⁹⁸ Targetti (1992) pág. 17

en gran parte la dinámica económica del sistema capitalista y será de fundamental interés para el desarrollo de la teoría marxista. Marx distinguirá grandes contradicciones en el sistema capitalista que darán origen a la ley de la tendencia decreciente de la tasa de ganancia, ley que será combatida por contra tendencias, pero en algún momento llevara el sistema a la destrucción de capital. Marx así rechaza el determinismo tecnológico y establece al progreso tecnológico como la principal barrera al crecimiento indefinido del sistema de producción capitalista pero a su vez causante fundamental del desarrollo del sistema capitalista.

3.2.1) Desarrollo de la Teoría Marxista de la Tecnología

Las conclusiones a las cuales llega Marx en cuanto a la tecnología son el producto de muchísimos años de estudio. La primera aproximación concreta al tema tecnológico es en parte gracias su colaboración con Federico Engels; sus artículos el esbozo de crítica de la economía política (1844) , la situación en Inglaterra en el siglo XVIII (1845) y la Sagrada Familia escrita junto con Marx , sentaron las bases para el desarrollo de la teoría tecnológica marxista¹⁹⁹. En 1847 Marx escribe la miseria de la filosofía en respuesta a la obra del socialista francés Proudhon Filosofía de la Miseria, en ésta obra Marx siguiendo aspectos importantes del pensamiento Ricardiano, ve a la tecnología reflejada en la máquina como capital que acciona el proceso de subordinación formal al fomentar la división del trabajo que será la responsable de la subordinación real del mismo. En dicha obra Marx atribuye que “el molino de agua da lugar al desarrollo del Feudalismo y la maquina de vapor al capitalismo” este determinismo tecnológico será abandonado después al aceptar que el capitalismo surgirá con la subordinación del trabajo y no con la incorporación de tecnología. Para la publicación del manifiesto del Partido Comunista en 1847 Marx y Engels llevan más allá la relación de la tecnología con la división social del trabajo al atribuir la como una fuerza productiva dentro del trabajo social.

¹⁹⁹ Véase Dussel (1984) pág. 12

En 1851 Marx escribe una serie de cuadernos tres dedicados a la maquinaria (IX, XI y XII) y uno estudiado especialmente por Dussel²⁰⁰ (XVII) dedicado al estudio de los teóricos tecnológicos alemanes como J. Beckmann, J.H.M. Poppe y A. Ure. Durante este año de intenso trabajo Marx se convierte en un analista formal de la tecnología, esto lo llevará a empezar un marco tecnológico en los elementos fundamentales para la crítica de la economía política o Grundrisse en 1857 borradores y complementos de El Capital. En estos cuadernos es donde Marx rechazará definitivamente la productividad del capital centrando el análisis en la productividad del trabajo por el desarrollo de las fuerzas productivas incluyendo al cambio técnico; así Marx nos expone que “el aumento de la productividad se reflejará en la reducción del tiempo de trabajo socialmente necesario dejando en claro un desarrollo de las fuerzas productivas por el empleo ya sea de fuerzas naturales, de la maquinaria o de las fuerzas naturales del trabajo social”²⁰¹. Así nos muestra al conocimiento científico y a la máquina como el resultado de la aplicación científica a la producción, elementos pertenecientes al capital fijo que con su incorporación darán de ir como resultado una extracción superior del plusvalor relativo. La ciencia para Marx aparece la como una fuerza social exógena al capital ésta fuerza exógena dará como resultado conocimientos aplicables al proceso productivo, estos conocimientos serán apropiados por el capital.

En los manuscritos sobre el progreso técnico y desarrollo capitalista de 1861-1863 Marx le dará especial importancia al plusvalor relativo generado por la incorporación tecnológica, así nos dice que “la introducción de la maquinaria reducirá el tiempo de trabajo socialmente necesario para producir la mercancía pero en ningún momento reducirá el tiempo de trabajo que necesita el trabajador para la reproducción de su capacidad de trabajo prolongando así la parte no retribuido de la jornada laboral o sea el plustrabajo”²⁰². Estos manuscritos sentarán las bases del análisis abordado profundamente en el capital, en la parte que definirá la tecnología desde el punto de vista del valor. Parte fundamental del

²⁰⁰ Ibidem.

²⁰¹ Marx (1972) Volumen 2 pág. 86

²⁰² Marx (1982) pág. 77

análisis de Marx para entender la Ley de la tendencia decreciente de la Tasa de Ganancia (LTDTG).

Marx publica su obra cumbre en Hamburgo en 1867, El capital Crítica de la Economía Política, este tiene la finalidad según nos expresa Marx “Lo que he de investigar en ésta obra es el modo de producción capitalista y las relaciones de producción e intercambio a él correspondientes”²⁰³. En el primer tomo del capital Marx analizará los métodos en que se produce la plusvalía relativa y como está causada un cambio en la composición técnica y orgánica del capital.

3.2.2) El pensamiento Tecnológico consolidado de Marx

La técnica desde la visión de Marx es considerada como un medio de extracción de plusvalía, ésta técnica como medio de producción incorporada al proceso de producción podrá producir plusvalía absoluta ayudando a reducir los poros entre el trabajo por ejemplo con la introducción de maquinaria que intensifique el trabajo , este llevara a la extracción de plusvalía absoluta²⁰⁴. Pero la más común forma de introducción de tecnología al proceso productivo resultara en una baja relativa del capital variable por lo tanto el aumento en plusvalor será relativo, esto como consecuencia llevara inevitablemente a la crisis del sistema capitalista (probablemente por sobreproducción) por la competencia contradictoria en el sistema capitalista. De cualquier forma para Marx la tecnología tiene un papel fundamental en la valorización del capital. Desde el punto de vista de la acumulación el cambio tecnológico permitirá a los capitalista triunfar en la competencia logrando la reproducción ampliada de sus capitales, gracias unos costos menores generarán una plusvalía relativa mayor que será reinvertida en el proceso. Marx nos expondrá su análisis técnico desde dos enfoques el del valor y los precios de producción.

²⁰³ Marx (1975) pág. 6

²⁰⁴ Esta premisa de Marx nos permite explicar como en la actualidad se siguen usando métodos considerados obsoletos de producción, pero que para ciertas condiciones dadas permiten una extracción adecuada de plusvalor.

En el primer tomo del Capital mostrará el conjunto de factores que permiten elevar la productividad del trabajo. Marx distinguirá tres factores según Vence²⁰⁵:

-Una particular división, articulación del trabajador colectivo: La cooperación creará una fuerza productiva nueva la fuerza colectiva que se forma mediante la cooperación de muchos asalariados. Esto causará el capital se convierta en una condición necesaria de la producción; clave en la subordinación real del trabajo en la cual es necesario un sistema de dirección técnica por parte del capitalista. Ésta primera forma de cooperación cambiará la organización pero los procesos y herramientas permanecerán constantes.

-La transformación de los procedimientos técnicos: La manufactura dará pie a la formación del trabajador colectivo, constituido por muchos trabajadores parciales en la producción de mercancías. En esa etapa el capitalista despoja parte del conocimiento técnico del trabajador especializándolo sólo una parte del proceso productivo. Marx nos dice “el periodo manufacturero científica, perfecciona y diversifica Las herramientas, adaptándolas a las funciones exclusivas especiales del trabajador parcial”²⁰⁶. Estas herramientas adaptadas permitirán al trabajador aumentar la productividad elevando su cualidad productiva al estándar más alto del trabajador colectivo. La generación desde trabajador colectivo traerá como consecuencia que el trabajador cree una dependencia al capitalista ya que su extrema especialización en un proceso simple no le permitirá vender su fuerza de trabajo especializada en el mercado de trabajo; ésta subordinación del trabajo al capital, se debe a que la fuerza individual de trabajo ya no funciona más que estando apropiada por el capital.

-La incorporación de la ciencia a la producción: El maquinismo y la industria moderna representa la forma superior de la cooperación; en ésta forma de cooperación la incorporación de los principios científicos llevará a los sistemas automáticos. Dicha nueva forma de producción mecanizada romperá parte de la división del trabajo al sustituir la fuerza humana por energía. Al no requerir tales

²⁰⁵ Vence (1995) pag.84

²⁰⁶ Marx (1975) pág. 392

capacidades orgánicas, se hace posible la incorporación al trabajador colectivo de mujeres y niños, aumentando así el ejército industrial de reserva. Como escribe Vence “el trabajador se incorporará como un elemento parcial en un sistema automático que tiene definidas las características de las operaciones a realizar, la secuencia y al ritmo de las mismas.”²⁰⁷ Lo anterior causará que la ganancia incrementada debido al aumento del plusvalor relativo aparezca ante el capitalista como resultado de la implementación tecnológica, incentivándolo a reinvertir su ganancia para una mayor implementación, factor que conducirá las fuerzas de la LTDTG.

A la relación capital constante entre capital variable como escribe Vergara “Marx la denomina composición en valor y en tanto en cuanto es determinada por la composición técnica del capital y refleja las variaciones de aquella, la denomina composición orgánica”²⁰⁸.

$$coK= c / v$$

El aumento de la maquinaria conlleva un cambio directo en la composición técnica del capital pero podría no ser tan claro en la composición orgánica²⁰⁹. Los aumentos de las capacidades productivas vendrán dadas en la mayor de los casos por incrementos en la composición orgánica del capital, a la mira ésta composición aumenta a la proporción de capital fijo impreso en las mercancías por ende llevando a la necesidad de renovar este mismo capital acelerando el proceso de depreciación tanto material como moral²¹⁰ de dicho capital físico. Estos continuos incrementos en el capital constante sobre el variable aunados a un estado muy avanzado de subordinación real de la fuerza de trabajo llevarán a un incremento del “Ejército Industrial de Reserva” (EIR).

²⁰⁷ Vence (1995) pág. 96

²⁰⁸ Vergara (1989) pág. 137

²⁰⁹ Por ejemplo si bajaran los precios de los insumos en la misma medida que bajara la ocupación de capital variable

²¹⁰ Es la depreciación social de los medios de producción, por ejemplo las maquinarias se deprecian moralmente al convertirse en obsoleta en comparación con nuevas maquinarias

Para analizar la LTDTG es necesario analizar la tasa de ganancia, ésta expresa la relación de la plusvalía total generada y el monto del capital anticipado.

$$g' = p / c + v$$

La tasa media de ganancia se deberá a transferencias de plusvalía entre los distintos sectores capitalistas; en donde los sectores con una menor plusvalía relativa transferirán plusvalor a aquellos sectores con una mayor plusvalía relativa. Esto en parte a que la apropiación de plusvalía está en función del capital desembolsado.

Así el precio de producción resultará de la suma del capital constante más el capital variable más la tasa media de ganancia. El productor capitalista buscará estar por arriba de ésta tasa media de ganancia, buscará la ganancia extraordinaria. La ganancia extraordinaria se fundamenta en la extracción de plusvalía extraordinaria; recordemos que ésta extracción se puede dar de manera relativa y absoluta mediante el aumento de la productividad y el aumento de la intensidad del trabajo respectivamente. Como se expresó anteriormente a medida que avanza la subordinación del trabajo avanza la necesidad de la incorporación tecnológica en el proceso productivo; así la implementación tecnológica para el aumento de la productividad resulta fundamental para la competencia entre capitalistas buscando la ganancia extraordinaria.

La tecnología en el proceso de acumulación marxista quedará marcada por ser factor fundamental dentro de la ley de la tendencia decreciente de la tasa de ganancia (LTDTG). En el capítulo X del tomo I, Marx nos explica como el empresario capitalista en busca de la ganancia extraordinaria modificada la composición orgánica del capital disminuyendo el valor de las mercancías (al bajar el precio de las mercancías) hasta tal punto que la ganancia media caerá. La reacción de los capitalistas ante ésta caída de la ganancia llevará un proceso de competencia que sólo acentuará más la caída hasta llegar a un punto de crisis. Marx identificará un número de contra tendencias que retrasarán las crisis y

reactivarán las economías después de estas, dándole así un carácter cíclico al método de producción capitalista. Así en el tercer tomo del capital Marx le otorga especial atención al capital constante y la forma en que éste afecta a la valorización del capital. En ciertos casos hay economías de capital constante que afectan la tasa de beneficio sin afectar la tasa de plusvalía (por ejemplo si se bajan los costes de las materias primas); estas economías por tanto servirán como contra tendencias en la LTDTG. Estas economías de capital constante o de medios de producción se pueden basar en los aumentos en las escalas de producción o en la incorporación de innovaciones tecnológicas. Engels incluirá en el capítulo V del tomo tres las economías de capital constante de Marx, algunas de ellas podemos definir las como: -Economías que hacen inversiones que reducen los riesgos del trabajo. -Economías de escala en que se basa el uso común y cooperación a gran escala. -Economías de aprovechamiento máximo de recursos, que incluyen la utilización de los desperdicios. -Economías que innovan gracias a la experiencia del trabajador colectivo. -Economías que incrementan la tasa de ganancia gracias al progreso tecnológico en otras ramas. -Economías de la invención estas economías llevan al descubrimiento de nuevas materias primas o fuentes de transformación de la energía que costaran menos. Estas resultan claras contra tendencias a la LTDTG.

El ejército industrial de reserva también es una contra tendencia de la LTDTG ya que su existencia permite al capitalista la reducción del precio de producción en mayor medida que la reducción de la tasa de ganancia media; a su vez el EIR habilita que en tiempos en que baja la tasa media de ganancia el sistema capitalista emplee sistemas intensivos en la utilización de la mano de obra en lugar de utilizar sistemas intensivos en utilización de capital fijo general una tasa de plusvalía absoluta.

M. Blaug²¹¹ expone una contra tendencia en el proceso de innovación marxista que se divide en tres procesos: Al principio por una competencia que buscará ahorrar en términos de capital variable intensificando su utilización de capital fijo. A

²¹¹ Véase Blaug M (1968)

continuación haciendo que los pioneros en introducción de estos sistemas obtengan un plusvalor excelente hasta que la tasa de ganancia media se establezca en un nivel inferior el original. Finalmente es aquí donde los capitalistas forjaran la competencia ahora en base al ahorro del capital constante.

El Modelo Marxista de la competencia se encuentra en términos de valor y se reduce a tres supuestos:

- 1) La competencia entre capitalistas obligara a los capitalistas a introducir cambios técnicos que reduzcan el valor de las mercancías.
- 2) La especificidad del capitalismo es que estos procesos son Ahorradores de Mano de obra e intensivos en capital (**-Cv + Cc**)
- 3) El aumento en la composición orgánica tendera a bajar la Tasa Media de Ganancia.

Estas simplificaciones a pesar de ser casos extremadamente simples al tomarse en cuenta desde los precios de producción se contradicen las tesis b y c; poniendo en relieve dos paradojas de la utilización de valores en lugar de precios de producción para sentar las dinámicas del capitalismo.

-Paradoja de Rosa Luxemburgo: La competencia puede usar técnicas ahorradoras de trabajo variable bloqueando las más intensas en capital , debido a que los capitalistas no toman sus decisiones comparando su valor individual con el valor social ya que toman en consideración los costes del trabajo pagado de las distintas posibilidades.

-Paradoja de Okishio: La competencia no obliga a usar técnicas socialmente más productivas sino a la vez llevara a los capitalistas a utilizar técnicas que lleven al aumento de la tasa de beneficio general.

Ambas paradojas toman como una constate el consumo obrero, pero si incluimos una lucha de clases, dicha lucha resultara sana para el capitalista y para el sistema en general, ya que el aumento del Cv regresara al sistema al aumento del consumo obrero acoplado a la nuevo producción, esto evitara la sobre producción y le dará más fuerza a ésta contra tendencia para evitar la crisis.

Liepietz²¹² de ésta forma, interpreta el pensamiento marxista en que los cambios tecnológicos son inducidos no solamente por el hecho de querer aumentar el beneficio a través de la competencia sino por la lucha de clases en torno al salario, esto debido a que la tecnología dependerá de los precios y por ende de la distribución, ya que si no existiera una nueva forma de distribución ante el cambio en la productividad el capitalista seleccionaría las técnicas que aumentarían las tasas de beneficio general. Liepietz es claro que ya ve los procesos de producción desde una visión oligopólica que está en cierta manera coordinada para evitar la crisis.

Coriat²¹³ en crítica a Radovan Richta, analiza cómo la tecnología acoplada como medio de producción, interviene en el proceso de valorización de una manera indefinida debido a las creaciones de nuevas fuentes de energía como por ejemplo la energía atómica y el paso de la mecanización de los procesos productivos a la automatización de los mismos. Coriat considera como un economicismo tomar el desarrollo de la ciencia y tecnología como neutral a la relación social capitalista; por muy avanzado que sea la automatización e implementación debe ser considerada a partir del capital variable que siempre estará sometido el modo de producción capitalista a la explotación la automatización sólo establecerá una jerarquización entre los trabajadores mediante la asignación de salarios.

Aglieta²¹⁴ para el tema que nos interesa analiza efectos del cambio tecnológico y la contra tendencia a la LTDTG ante la lucha de clases mediante la relación salarial las cuales a su vez relación de intercambio y relación de producción, ésta relación permitía la subordinación del trabajo al sistema de máquinas que marcarán los ritmos de producción al homogenizar la duración del procesos de trabajo implicará la transformación de la intensidad del trabajo en extensión llevando la evolución del progreso técnico ahí a la par con la extensión de las relaciones de producción capitalista. Al darse la evolución tecnológica de una

²¹² Véase Liepietz A. (1980)

²¹³ Véase Corona (2002) pág. 65-68

²¹⁴ *Ibidem* pág. 71

manera social la productividad media también tendrá este mismo carácter social. La extensión del trabajo vencerá a la intensificación del mismo por lo tanto no será una contra tendencia clara a la LTDTG.

Braverman²¹⁵ nos expone que el capitalista al comprar fuerza de trabajo está comprando una cualidad que se puede dependiendo de factores como el componente técnico del trabajo llevar hasta el infinito, dándole al capitalista la responsabilidad de obtener la mejor producción del obrero dotándolo de medios adecuados. Dando al como obrero el verdadero responsable de la generación del valor y al capitalista como el responsable de extraerlo. También describe la implementación de máquinas de control numérico y de movilidad para la productividad.

Estos últimos tres autores analizados en Corona (2002) retoman los procesos de subordinación formal y real del trabajo con los conceptos de planeación e incorporación tecnológica. Retoman los conceptos de división del trabajo para los nuevos procesos industriales y el marco de la diferenciación salarial con el progreso tecnológico, en que los capitalistas establecieron un salario mínimo en los procesos suficientemente mecanizados y un salario a destajo en los procesos en que no.

En el ejemplo **gráfico 3.2** tomado de Targetti²¹⁶ podemos apreciar como un aumento en de la productividad del trabajo debido a la intensificación del trabajo llevara en un primer escenario a un cambio de la productividad de la curva I a la curva II de producción. El capitalista a continuación aumentara el empleo debido a los procesos intensivos en mano de obra, esto lo llevara a reducir aparentemente su ganancia de r_1 a r_2 pero al mismo tiempo pasara de la curva de producción I a la II, con la implementación de procesos más intensivos en capital este reducirá la mano de obra estableciendo su tasa de ganancia en r_3 , debido al incremento en la composición organiza del capital la ganancia permanecerá en r_3 .

²¹⁵ Ibidem pág. 73

²¹⁶ Targetti (1992) Pág. 23

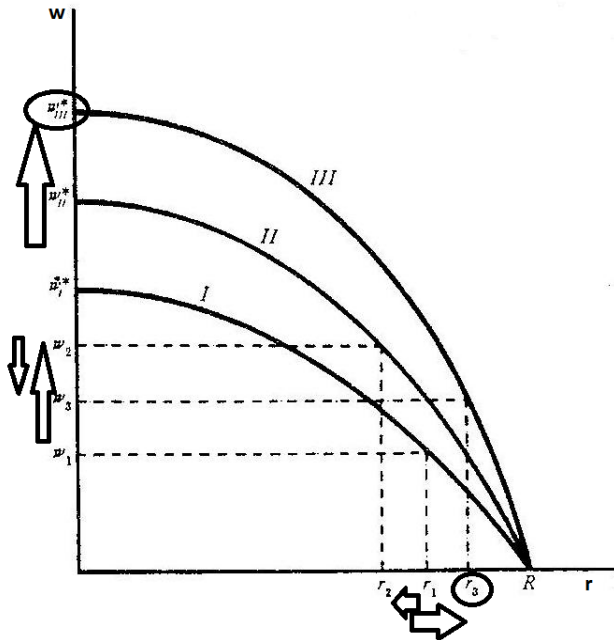


Gráfico3.2

Otro ejemplo **gráfico 3.3** que nos da Targetti²¹⁷ es el de la LTDTG en la cual se aprecia el caso que se daría si el continuo aumento del plusvalor relativo llevara a una crisis con destrucción de capital como lo plantea Marx. En este caso la Ganancia Máxima R se desplazará de RI a RII conservando el salario constante en otras palabras la productividad del trabajo se mantendría estable lo que pasaría es que los medio de producción serian afectados por la crisis.

²¹⁷ Ibidem

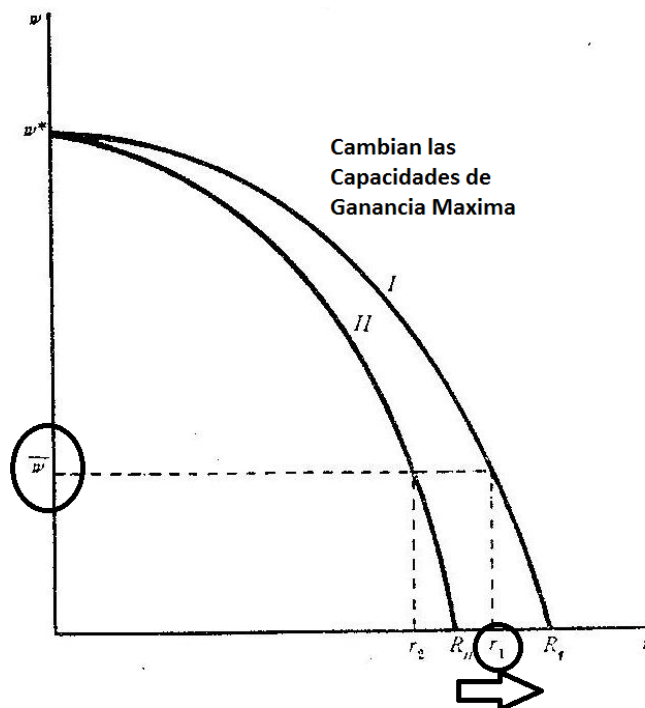


Gráfico 3.3

Se puede decir, que es probable que Marx sea el fundador del pensamiento teórico de la Economía de la Tecnología; es el primero que le da un carácter de gran importancia como factor endógeno al sistema económico, siendo la aplicación de ésta, una de las principales contratendencias de la LTDTG. El análisis Marxista dará pie al desarrollo de teorías mucho más ricas que analizan los enfoques del crecimiento y desarrollo económicos a partir del progreso técnico y sus crisis recurrentes. El análisis de las contra tendencias sería posteriormente ampliado por diversos autores, en parte por la evidencia que a pesar de las continuas crisis el sistema capitalista ha tenido un crecimiento considerable a causa del desarrollo tecnológico como es el caso de Kondratiev que a su vez dará pie a la teoría de Schumpeter de la destrucción creativa, que llevará a Freeman a Dosi y a Perez como veremos más adelante en el apartado 3.6 a desarrollar las teorías evolutivas. En muchos casos se reconoce la cooperación entre capitalistas para combatir la LTDTG, sobre todo a partir de la crisis más notoria de sobre producción de los 1930's. Autores Marxistas como Kalecki reconocieron la

continua cooperación capitalista para vencer la LTDTG, Keynes aunque declaró nunca haber leído a Marx describió la crisis desde la sobre producción debido a la competencia capitalista descrita por Marx y Malthus.

La internacionalización del capital que seguiría después de la segunda guerra mundial seguiría claramente los patrones de centralización y concentración del capital, ya no en industrias si no en países que incorporarían al sistema a los demás países logrando la internacionalización de capital. La existencia de mercados externos llevaría al capital a desplazarse a donde existieran mayores tasas de ganancia y donde la lucha de clases tuviera una evolución distinta, esto conllevaría a un proceso de reutilización intensiva de mano de obra redefiniendo las contra tendencias. Los países industrializados crearían una subordinación real y formal de los procesos productivos (así como fue del trabajo) en los países menos desarrollados dando pie a la teoría de la dependencia analizada ampliamente por el pensamiento estructuralista de la CEPAL. Carlota Pérez desarrollara la teoría de las Revoluciones Científicas y financieras a partir de la necesidad de la realización de las nuevas mercancías, llevando a la expansión del crédito²¹⁸. Los procesos de desarrollo de las complejas relaciones sociales que definen el capitalismo descritas por Marx serán plasmada en la teoría evolucionista de la tecnología. Como expresa Rosenberg (1992) “ el análisis tan detallado que realiza Marx sobre la tecnología como proceso de producción le dará en gran parte las bases para su rico análisis económico”²¹⁹ Marx logra una comprensión tan amplia de los procesos económicos por su consideración endógena del proceso tecnológico tanto científico como empírico, tomar la reflexión Marxista de la tecnología lleva a definir la verdadera naturaleza del proceso humano de producción derivado de la evolución natural del mismo.

²¹⁸ Descrito en Pérez (2002)

²¹⁹ Rosenberg (1992) Pág. 15

3.3.- La visión Neoclásica de la Tecnología.

Los neoclásicos alcanzan con un rigor teórico excepcional, pero no abordan el cambio técnico en el desarrollo económico como algo endógeno, como vimos en el capítulo anterior en aras de buscar lo realmente económico la abstracción los lleva a excluir del análisis tanto a los recursos naturales como a la tecnología.

El campo neoclásico se basa en la simplificación de la realidad a sus mínimos componentes económicos, planteando supuestos y restricciones para a partir de un método lógico deductivo, llegar a comprender los procesos económicos generales; este análisis lo estudiaremos brevemente en sus expresiones más generales para el cambio tecnológico, desde una visión microeconómica y una visión macroeconómica. El análisis neoclásico se fundamenta en la función de producción, el escoger entre diferentes tecnologías. La función de producción agregada resulta en la suma de todas estas tecnologías que se suponen son las que producen el máximo producto en sus funciones individuales, lo que supone la plena utilización de los factores de producción.

El análisis neoclásico define a la tecnología como el conjunto de insumos utilizados para generar un producto, la forma en la que se escoge esta tecnología es según la racionalidad del agente que busca maximizar su beneficio o utilidad. Hicks en su libro de 1932 *Money, Interest and Wages*²²⁰ fue el primer autor en abordar el tema del cambio tecnológico formalmente en la economía neoclásica. Para él, este cambio tecnológico, resultaría ser aplicado con información completa en el análisis marginal²²¹ siempre como una reducción de costos de producción; por lo tanto en este análisis microeconómico el cambio técnico siempre será beneficioso. Hicks representaba en cambio de la función de producción en los cuales se podía tener un mayor output con el mismo input o un mismo output pero con un menor input. Por lo tanto en una función definida como $Y = N, K$ la curva de producción se desplazaría hacia arriba en un plano al aumentar la productividad de los factores, esto es aumentando el producto manteniendo los

²²⁰ Véase Hicks (1989)

²²¹ Representando la última tecnología en ser incluida en el proceso de producción.

insumos iguales. Este progreso Hicks lo representó mediante una isocuanta de producción. La curva de productividad nos indicaría la relación de capital entre trabajador. Donde se intersecaran estas dos rectas estaría la técnica usada. El progreso técnico afectaría directamente en la productividad y en la que la reducción de los inputs relativos, lo que resultaría en el acercamiento de ésta isocuanta al origen. Al mismo tiempo los costos medios y costos marginales se reducirán en forma directa con la reducción del precio como se muestra en la siguiente **gráfico 3.4** tomado de Corona²²²

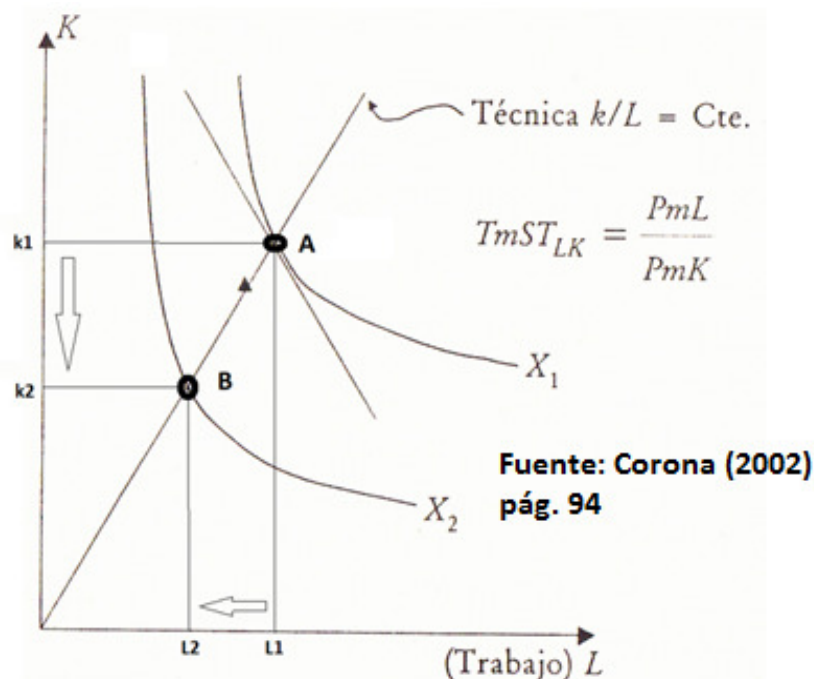


Gráfico 3.4

Se pasa de la tecnología A a la tecnología B. Por lo tanto, al crecer el salario crece la oferta de trabajo y al crecer la tasa de interés crece la oferta de capital. Pero desde la demanda la relación es inversa por que la productividad de un factor al crecer su empleo y manteniendo constante el empleo del otro factor es decreciente. Así tenemos que para el modelo $Y = K, N$ la primera derivada de los factores N y K, será positiva $\partial Y / \partial K > 0$: $\partial Y / \partial N > 0$ pero la segunda derivada

²²² Corona (2002) pág. 94

vendrá dada como negativa $\partial^2 Y / \partial K^2 < 0 : \partial^2 Y / \partial N^2 < 0$. Dando la pendiente decreciente de la función de producción, misma que será transmitida a la función de producción agregada. Si definimos la función $Y = (K , N)$ como homogénea de primer grado la podemos expresar en términos per cápita siendo $y = Y / N$ y $k = Y / N$.

Estando el sistema en una competencia perfecta sin expectativas o expectativas definidas, el precio será igual al coste marginal. Si se toma el factor K como exógeno para un cierto periodo el progreso técnico (generalmente el corto plazo) se medirá conforme a la productividad del trabajo. Dando una función de producción de $y = f (N ,t)$ donde t representara un punto de ésta función en el tiempo; t nos podrá dar cuenta del progreso técnico alcanzado en ese periodo de tiempo por lo que la evolución de la pendiente de $Y = f (N ,t)$ nos dará una tasa de progreso técnico.

3.3.1) La neutralidad del Progreso Técnico.

Hicks²²³ establece como progreso técnico neutral a aquel que resulta en una tasa marginal de sustitución constante, esto es que la aplicación de ésta nueva tecnología resulta en el incremento de las productividades marginales tanto de K como de L; llevando a que el producto marginal de ambos factores K, N sea el mismo. Si la productividad marginal de un factor aumentase más que la de otro se diría que el cambio es intensivo en ese factor. En la visión de Hicks se puede atribuir un cambio tecnológico neutro a una innovación radical en el sistema económico ya que lleva a un salto en la función de producción. Harrod y Solow definirán el cambio como neutro cuando se mantiene constante la productividad marginal del trabajo²²⁴

²²³ Hicks (1989) pág. 77

²²⁴ Targetti (1992) pág. 40

Se describe en Corona²²⁵ como en la teoría neoclásica se establece una interacción entre precios relativos y tecnología. En el corto plazo los precios relativos llevan a la implementación de las tecnologías más eficientes; para las empresas capaces de utilizarlas se producirán “cuasi rentas tecnológicas”. Estas rentas en el análisis neoclásico desaparecen en el largo plazo ya que para entonces todos los agentes tendrán acceso a la mejor tecnología. En este análisis ortodoxo toda la información se transmite por el sistema de precios y siempre es completa, como veremos más adelante ésta es una de las principales causas del progreso técnico que queremos abordar dado que, como veíamos en el capítulo anterior probablemente se han utilizado las tecnologías incorrectas.

El modelo de R. Harrod y E. Domar establece tres factores: “**n**” como un factor exógeno de cambios en la población, “**s**” como la propensión al ahorro que tiene la población y “**v**” como el estado tecnológico de las economías.

Definen así la relación como $n = s / v$ ó $v = s / n$ para el modelo que vimos de neutralidad en Harrod, el progreso técnico en la función de producción quedara dado como: $Y = f(K, A(t) L)$ esto es que el progreso técnico definido como A (estado del arte que se cambia por v) con el capital como dado afectará directamente a la productividad del trabajo. Esto se simplifica ya que para Harrod el efecto de un aumento de la población será igual que un cambio tecnológico neutral, los dos resultaran simplemente en aumentos de la producción. Para poder dar empleo este aumento de la población (o de la tecnología) que lleva a un aumento de la oferta de trabajo debe de compensarse con un aumento del stock de Capital que será llevada a cabo gracias a un aumento en la propensión o ahorrar de las población, para Harrod estos desequilibrios llevan la crisis recurrente asociada con el crecimiento económico. Es claro que en ningún momento se toma en cuenta al tipo de tecnología ni la forma en que puede afectar el desarrollo económico.

²²⁵ Véase Corona (2002) pág. 99

Los modelos de Hicks, Harrod y Solow pueden ser resumidos en una función Cobb-Douglas de terminada por $Y = A(t)KN^{1-\alpha}$ así esta función representa un progreso tecnológico neutral, con los supuestos de que elasticidad igual a uno; Targetti²²⁶ nos describe las conclusiones a las que llega Solow a partir de esta función, las tasa de progreso técnico puede ser obtenida estadísticamente, como remanente, una vez conocidas las series históricas de la productividad del trabajo, del capital por trabajador y de la cuota de ganancia.

Así Solow distinguirá las variaciones de la productividad del trabajo que nos llevaran a un desplazamiento en la misma función de producción y a las variaciones en el cambio técnico que desplazaran la función de producción.

3.3.3) Las críticas a la teoría ortodoxa

Aunque han existido diversas tendencias dentro de la teoría económica neoclásica para suavizar los supuestos tratando de hacer más realista las aproximaciones sobre tecnología en general no han tenido éxito ya que se han llegado a complicar los modelos; un ejemplo de esto son los modelos anuales , estos suponen que el progreso técnico (aun siendo exógeno) se incorpora a la nueva maquinaria por lo que en algunos casos es más productiva una maquinaria que otra y ya no todo el capital K será constante ni siquiera en el corto plazo. Esta teoría más cercana a la realidad complica el análisis neoclásico ya que no permite con facilidad analizar el sistema económico en general sino se centra en el análisis de la estructura productiva. Del lado del análisis microeconómico de equilibrio parcial es lógico pensar que la incorporación de diferentes tecnologías siempre causará incertidumbre ya sea en el consumidor y en la empresa; a su vez si la tecnología la delimitamos como información esta no estará disponible para todos los agentes económicos debido entre otras cosas a las patentes y brechas tecnológicas, estas cuestiones fundamentales no son tomadas en cuenta por la microeconomía ortodoxa. De aquí surgen diversos intentos de la economía

²²⁶ Targetti (1992) pág. 45

ortodoxa de incluir una visión más realista de la tecnología (al igual como se intentaba incluir en ese tiempo una visión más realista de los recursos naturales)

Samuelson, en parte en respuesta a las críticas desarrolla una función de producción agregada en la que describe un número infinito de técnicas de producción que se encuentran dentro de una economía formando una función de producción agregada como se puede ver en la grafica 3.5 siguiente tomada del Targetti²²⁷ en la que se toman los puntos que maximizan de beneficio y de la utilidad de salario unitario y el beneficio de la tasa de ganancia individual (los puntos A, B y C), donde cómo evoluciona la relación salario ganancia el agente cambia de función de producción (tecnología) (entre la I, II y III en la grafica), esto resulta en la Curva Tecnológica agregada de Samuelson, este concepto teorizado de la tecnología resulta el más aceptado en la teoría microeconómica ortodoxa actual, pero sigue reflejando el problema de que no todas las técnicas reflejan ser lineales en la relación r/w por lo que la validez de este sistema en la realidad puede quedar igualmente descartado. Otro autor que profundizara en el tema desde la visión neoclásica sería, como veremos más adelante sería Jacob Schmookler.

²²⁷ Ibidem pág. 54

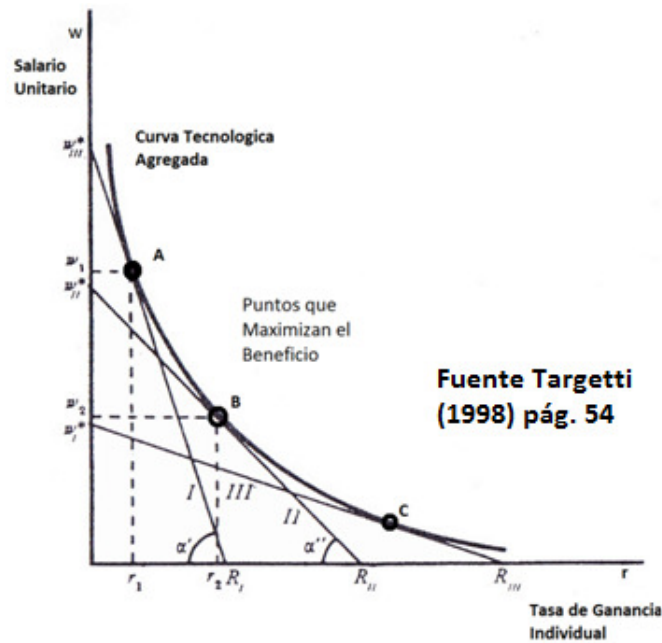


Gráfico3.5

3.3.3) La crítica de Cambridge

En cuanto a nuestro tema, la principal preocupación teórica de Cambridge liderada por Joan Robinson, era la de la homogeneización de todos los bienes en un solo bien. Los bienes en la teoría neoclásica se homogenizan de acuerdo a sus precios relativos multiplicados por los medios de producción, lo cual como expone Targetti²²⁸ refiriéndose a Robinson, en que los precios relativos dependen de la distribución del ingreso o sea de la productividad marginal de los factores; productividad que resulta contradictoria ya que la productividad es decreciente de los factores en la función de producción por lo tanto los precios relativos revelaran que a una relación capital-trabajo en la tecnología más baja le corresponderá una tasa de ganancia más elevada y que poco a poco se utilizaran menos las técnicas más intensivas en capital.

Concluye su libro Targetti exponiendo que resulta imposible al menos que solo exista un bien en la economía la implementación de una función de producción

²²⁸ Ibidem. pág. 53

agregada que sea independiente de la distribución por lo que sugiere el replanteamiento de la teoría de la distribución basada en la productividad marginal de los factores y un retorno a una teoría de elección de técnicas como el expuesto por los clásicos.

Como hemos visto desde el enfoque macroeconómico se critica las teorías neoclásicas de crecimiento económico especialmente a partir de la función de producción agregada. La aplicación de la técnica no solo es para elevar la productividad del trabajo y no todo el trabajo contribuye al desarrollo económico; el desarrollo de la dinamita²²⁹ permitió la extracción de minerales a mayores profundidades, el desarrollo de vías de comunicación, el gran incentivo para la innovación como es el premio nobel pero es muy cuestionable que tanto benefició al desarrollo, si es que lo benefició en algo. El modelo de Harrod y Domar, solo ve un sistema económico que a lo largo del tiempo aumenta su tamaño pero en ninguna forma cambia su estructura.

Como escribe Tapia²³⁰ “la economía neoclásica ha logrado formalizar racionalmente el efecto del cambio tecnológico exógeno en la producción y distribución de la economía en su conjunto” La economía neoclásica marginalista al ser la ideología predominante desde la segunda guerra mundial se ha enfocado en la producción por la maximización de utilidades, esto desde la base de el egoísmo individual que gracias a la mano invisible llevaría a los beneficios sociales. Esta teoría sin embargo ha llevado a desarrollos y crecimientos muy desiguales en la sociedad. Entonces podemos decir que esta búsqueda del beneficio individual no ha asignado los recursos de una forma eficiente para el beneficio de la mayoría. El debate es conocido si no ha servido el sistema del libre mercado per se para la asignación de los recursos se debe en parte a la intervención de instituciones publicas que han manejado incongruentemente la

²²⁹ La dinamita fue desarrollada por Alfred Nobel en 1866, permitió estabilizar la nitroglicerina para un uso más seguro al mezclarla con tierra de diatomeas. Nobel probablemente sintiéndose contrariado por los efectos de su invento y por lo que gano de este al comercializarlo para la guerra; instituyo lo que se conoce hoy como el premio Nobel.

²³⁰ Véase Corona (2002) pág. 120

formulación de políticas públicas; sobre todo en economías administradas por grupos de empresas oligopólicas.

Esta teoría maliciosamente aplicada ha polarizado el ingreso; aunque no es de sorprender con lo que hemos visto, que ese podría llegar a ser el mecanismo a partir de una teoría formulada en el egoísmo.

Otra complicación en la teoría neoclásica para nuestro caso es que tanto la racionalidad de los agentes como el concepto de información completa suelen ser demasiado simplificadores. La información completa no necesariamente puede ser obtenida por el sistema de precios ya que las implicaciones de la utilización de ciertas tecnologías van más allá del sistema económico. A su vez la información no es distribuida por igual entre los agentes económicos, el sistema neoclásico resulta útil en la abstracción y teorización de los comportamientos económicos generales pero al alejarse de los procesos dinámicos en la economía deja a un lado el progreso tecnológico que parece como caído del cielo para entrar al sistema; tal grado de abstracción no puede ser llevada a la práctica; la aplicación de políticas económicas neoliberales no han tomado en cuenta todos los factores asociados a los tipos de tecnologías, solo se ha medido en cuanto a precios lo que como veremos más adelante ha llevado a una destrucción de la naturaleza creando problemas para el desarrollo futuro.

La falta de medición de impactos sociales y ambientales de la aplicación de técnicas ha llevado a desechar muchas tecnologías por qué no reflejan una maximización *per se* del beneficio del empresario, los autos eléctricos existen desde 1832, los paneles fotovoltaicos desde 1883. ¿Donde estarían estas tecnologías hoy si se les hubiese puesto más atención por el bien social? El sistema neoclásico ha sido utilizado por intereses ajenos al beneficio general para una maximización esencialmente individual, se ha caído en una especie obscurantismo tecnológico derivado del llamado crecimiento económico.

3.4.- La visión de Schumpeter

Schumpeter es el principal autor que atribuirá el efecto de la innovación al desarrollo en ciclos del sistema capitalista. Al igual que Marx se dedica a estudiar la gran dinámica del sistema capitalista, llega a la conclusión de grandes ciclos en los cuales existe una destrucción creativa. Estos ciclos serán guiados por la figura del empresario innovador ya sea empleado o dueño de la empresa. Schumpeter cambiará su concepción a lo largo de los años atribuyendo cada vez más a la empresa que al empresario el desarrollo.

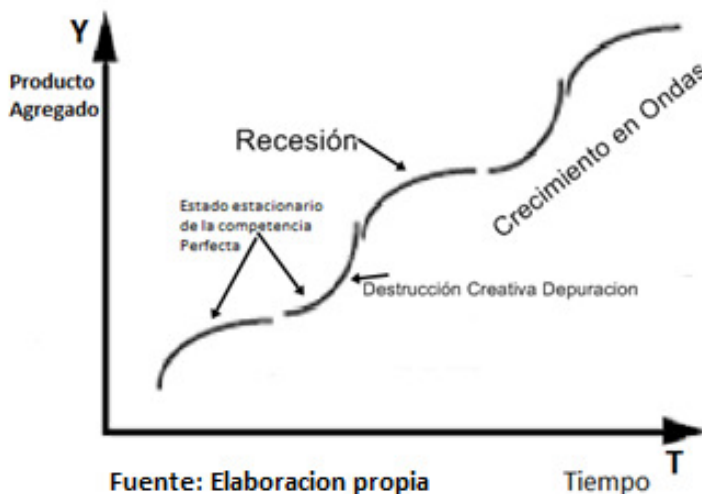
Schumpeter llega a modificar al joven enfoque neoclásico del análisis estático al interesarse por la dinámica del sistema económico en su totalidad y en la importancia de las innovaciones. Diferencia el crecimiento económico del desarrollo económico por primera vez; en la cual destaca que el desarrollo económico solo vendrá dado por cambios endógenos al sistema que rompan con la continuidad del mismo.

Basa su obra en la corriente circular, esta corriente circular es base de un estado en el que la libre competencia fundamentada en el equilibrio Walrasiano causa la repetición de procesos que llevan a una tasa de ganancia cercana al cero, el autor aclara que es imposible llegar a este estado señalando que no existe la competencia perfecta pero se puede tender a ella. Al ser casi la ganancia cero no hay un tipo de interés positivo ya que no hay expectativas de retribución por inversiones. Para Schumpeter el llegar a la ganancia cero resulta en un crecimiento nulo, es necesario romper con la corriente circular para alcanzar un desarrollo. La forma en la que se rompen la corriente circular es mediante innovaciones que alejaran al sistema del estado estacionario. Para Schumpeter estas innovaciones surgirán de la producción, de los productores que iniciaran el cambio. Las innovaciones que para el pueden ser tecnológicas y no tecnológicas llevaran a una ganancia positiva que estará relacionada directamente con la tasa de interés. Como expresa Schumpeter “el impulso fundamental de la maquina capitalista procede de los nuevos bienes de consumo, de los nuevo métodos de

producción y transporte, de los nuevos mercados, de las nuevas formas de organización industrial que crea la empresa capitalista²³¹ Así el interés solo existe para financiar a las empresas innovadoras al ser estas la únicas capaces de generar una ganancia y salir del estado estacionario. Por lo tanto para el autor es solo el crédito el responsable del cambio de estado no el ahorro.

Schumpeter le daba una mucha mayor importancia a la innovación radical que a la incremental debido a que esta causaba una destrucción creadora permitiendo la evolución continua del sistema, las nuevas empresas innovadoras surgían y en el mercado desplazaban a las antiguas. Como dice Vence para Schumpeter -el objetivo del empresario es la obtención de beneficios extraordinarios mediante una competencia que se basa no en los precios sino en la innovación-²³². Schumpeter señala que los inventos así como la actividad científica no tiene ningún papel en la actividad económica si no es transformada en innovación por parte del empresario; por lo tanto tomara el desarrollo tecnológico (al igual que el científico en general) como factor clave pero a la vez endógeno del sistema económico, para el autor existe un stock prácticamente ilimitado de invenciones que esperan ser convertidas en innovaciones a lo largo de los ciclos del sistema capitalista.

Schumpeter describe estos ciclos como un ir y venir entre el ciclo estacionario que llevaran al final a una economía creciente, (véase la siguiente **gráfica 3.6**) este atribuye la ruptura de ciclos a tres factores clave, la innovación, la empresa (como empresario innovador, también referido como *entrepreneur*) y el crédito.



²³¹ Schumpeter (1942) Pág. 20

²³² Vence (1995) pág. 110

Así el empresario innovador utiliza la innovación y el crédito para obtener la ganancia y romper el estado estacionario, al triunfar este empresario surgirán imitadores que intentaran apropiarse de la innovación, al ser la innovación aplicada a lo largo de la economía el sistema tendera a regresar a un estado estacionario pero ya en un estado más alto de la economía. Así el empresario entra a un mercado de una forma arriesgada para conseguir la ganancia, este tomador de riesgo compite con innovación que eventualmente puede resultarle en costos más bajos o precios de ventas más altos pero que de cualquier forma le darán una mayor ganancia por satisfacer de una mejor manera una demanda existente o creando una nueva con un nuevo producto. En una segunda etapa si el empresario innovador es contundentemente triunfador podrá llegar a acaparar el mercado (gracias a patentes y demás) logrando en una instancia una situación cuasi monopólica de producción; cabe destacar que para el autor una situación Monopólica basada en cambios innovadores no son un mal para la economía, como describe Mansfield el monopolio no es estrictamente, para Schumpeter, un indicador de perversidad dentro de la economía, sino que -si tiene base tecnológica-, es un signo de que “soplan buenos vientos para el barco de la economía”²³³. Las compañías monopólicas causaran la destrucción creativa al acaparar el mercado llevar a la quiebra a las empresas que no logren imitar a tiempo a la empresa líder tecnológica esto también causara desempleo en una forma temporal, así el crédito será necesario para renovar la capacidad productiva del sector innovador, sin crédito no hay destrucción creativa solo hay destrucción.

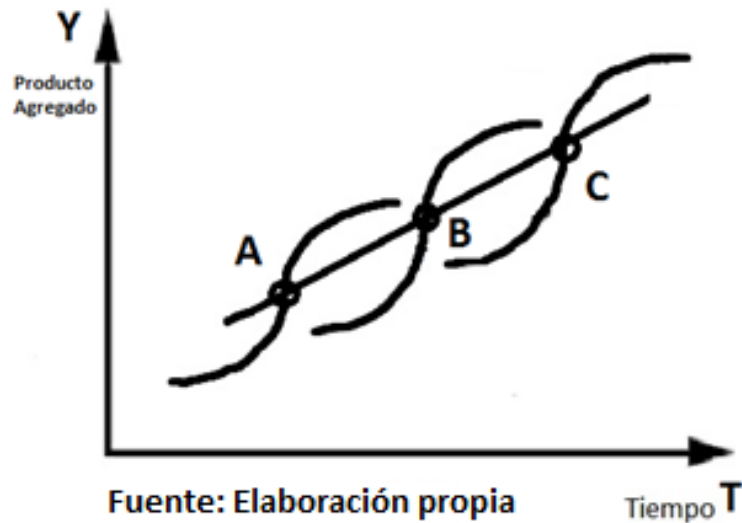
Así para el autor el monopolio o cuasi monopolio es algo bueno si induce innovaciones en la economía, como ministro de hacienda de Austria moderaría las reglas anti monopólicas. Galbraith complementaria esta teoría de Schumpeter al establecer que las innovaciones más radicales solo pueden surgir de las grandes empresas oligopólicas o monopólicas al estar tener la capacidad financiera para crear innovaciones contundentes , ya que las pequeñas al carecer del adecuada

²³³ Mansfield (1968) Pág. 88

capacidad financiera no pueden invertir lo suficiente en I+D , como para lograr cambios radicales en los sectores.

Así para Schumpeter, a medida que la competencia entra al mercado, va disminuyendo la ventaja tecnológica y con ello la capacidad de acapararían de mercado de la empresa inicialmente innovadora, con lo que, llega un punto en que el mercado se satura, se depura y estaciona. Y cuando el mercado está en estado estacionario, nuevamente se vuelve a la situación explicada por la corriente circular: la tecnología es conocida, está disponible para todos, enfrentan un mercado sin grandes

rentas extraordinarias y la única manera de salir del mercado es volver a recrear el mismo sistema con una nueva innovación radical. Es decir, se toma un producto, se lo agota tecnológicamente hasta



un límite y luego se lo desactiva y se sube a otra curva tecnológica. En la Grafica se muestra la tendencia agregada, mientras en los diversos sectores e industrias las tendencias sufren cambios tecnológicos la tendencia “linealizada” del sistema económico será creciente pasando por diversos estados estacionarios. (en la siguiente **gráfica 3.7** A, B y C)

El autor reconocerá la importancia de las invenciones en el sistema capitalista, en parte debido a la creciente actividad inventiva dentro de las mismas empresas lo que llevara al autor a reconocer una tendencia de burocratización innovativa que para el pudiese terminar con el sistema capitalista al terminar con el empresario innovador fuente de desarrollo económico llevando a un sistema socialista.

En conclusión se distinguen dos hipótesis fundamentales de Schumpeter, la primera dice que para que exista una innovación es necesario un grado de monopolio que asegure la sobrevivencia de la empresa innovadora por un periodo suficiente de tiempo para que exista un desarrollo económico. La competencia perfecta es algo indeseable para Schumpeter es algo que lleva al estancamiento del sistema económico y se debe de evitar por lo tanto los imitadores resultan malos para el sistema. La segunda hipótesis apoyada con Galbraith indica que entre mayor sea la empresa mayor será la capacidad innovadora. Estas dos hipótesis resultarían ciertamente en el olvido del pensamiento Schumpeteriano puro. La idea de que la invención y el sistema económico son independientes el uno del otro pero que no pueden existir uno sin el otro deja a la tecnología como algo exógeno al sistema pero en su edad más adulta Schumpeter previene que la endogenización de la actividad inventiva llevaría a un sistema burócrata que destruiría al capitalismo al eliminar al *entrepreneur*. Schumpeter es considerado como el padre de la teoría económica de la tecnología, abrirá el camino para las teorías de la economía de la tecnología; a pesar de que sus conclusiones fundamentales resultan cuestionables, su teoría fue revolucionaria dio paso al desarrollo de teorías como la del empuje tecnológico y de la presión de la demanda.

3.5.- La Teoría Económica de la Tecnología después de Schumpeter.

La crítica a la incipiente concepción Schumpeteriana permitiría a la teoría económica de la tecnología surgir de una forma acelerada. Fue a partir de la segunda guerra mundial cuando los procesos de innovación sobre todo gestados desde la economía estadounidense y a partir de la tecnología militar lo que llevarían a numerosos teóricos a plantear nuevas hipótesis.

Solow analizando el periodo de 1909 a 1949, llega a la conclusión de que en Estados Unidos se duplicó la productividad por trabajador y que de esta

duplicación era responsable en un 90% el cambio tecnológico y solo un 10% el incremento del capital por trabajador²³⁴.

Arrow en 1962 en contraposición de la teoría de Schumpeter llegara a la conclusión de que las empresas en competencia perfecta tienen un incentivo mucho mayor a la innovación. Arrow por lo tanto hace hincapié en las innovaciones incrementales más que en las radicales.

3.5.1) La hipótesis del Empuje Tecnológico

Ésta hipótesis es la primera que pone en relación al avance científico con el crecimiento económico. Derivada de la crítica de la teoría Schumpeteriana, la hipótesis se basa en que la cantidad de las innovaciones tecnológicas dependerán directamente de la potencia de la base científica, las innovaciones vienen de los descubrimientos realizados por los investigadores y son estos los que los introducirán al mercado ya sea por ser parte de una gran empresa o por el mismo deseo de difundir el fruto de su investigación. Esta teoría también establece que una compañía con una mayor base científica tendrá una mucha mayor ventaja competitiva. Un caso especial de esta hipótesis es el de la tecnología ambiental, es y ha sido implementada y propuesta sobre todo por los desarrolladores, todo lo ortodoxo racionalmente las ha desechado a primera instancia parecen más caras y presentan un beneficio menor que las tecnologías convencionales.

3.5.2) Schmookler y la hipótesis de la Presión de la Demanda.

La hipótesis ubica a la actividad inventiva de Investigación y Desarrollo como una actividad más del sistema económico desde una visión neoclásica. Schmookler desarrolla su teoría bajo el supuesto de que la actividad económica se determina a partir de la demanda, los consumidores y empresas cada vez demandan bienes distintos para cubrir sus necesidades que evolucionan junto con el sistema económico. Para nuestro autor el crecimiento económico viene

²³⁴Véase Solow (1957)

determinado por la inversión y esta inversión nos llevara a rendimientos constantes si es invertida en invención; ya que la invención llevara a la colocación en mercado de inventos con demandas solventes²³⁵. Así la actividad inventiva se desarrolla en gran parte para Schmookler por los beneficios esperados reflejados en el mercado. El autor no explica el origen la investigación científica pero si establece que esta puede estar determinada fuera de las leyes económicas.

Vergara²³⁶ resume la teoría de Schmookler en que un pequeño aumento de la demanda puede ser cubierto mediante un aumento en la producción, utilizando más intensivamente la capacidad instalada en las plantas existentes. En cambio si el aumento de la demanda es fuerte dará lugar a la realización de nuevas inversiones en nuevos bienes de equipo, lo que generara un aumento de las actividades de invención en el sistema económico general ante la posibilidad de aumentar el beneficio. Vergara continua exponiendo la crítica de Nathan Rosenberg, quien señala que Schmookler se preocupa por determinar como la demanda induce las invenciones que la satisfacen, cuando el problema real viene determinando que demandas y como son satisfechas. La demanda entonces no puede ser la única capaz de definir que invenciones entran al sistema económico y que invenciones no lo harán. Uno de estos aspectos es que lo consumidores no pueden elegir entre los procesos de producción hay diferentes procesos que pueden reflejar los mismos costos y el mismo producto peros ser diferentes. De la misma forma a pesar de la enorme necesidad de cambiar el paradigma tecnológico energético para combatir el deterioro ambiental la demanda de forma relevante, no cambiara hasta que cambie la conciencia ecológica de individuos, empresas y gobiernos.

²³⁵ Véase Schmookler (1966)

²³⁶ Vergara (1989) Pág. 132

3.6.- La Teoría Evolucionista de la Tecnología

3.6.1) Antecedentes

A partir de las críticas a la teoría neoclásica, contraposiciones a la Schumpeteriana y necesidad de utilizar un enfoque más práctico que se asemejará más a la realidad; a los distintos estudios de caso empíricos de desarrollo económico; surge a mediados de los años setentas del siglo XX (coincidiendo con el surgimiento de las preocupaciones por incluir al medio ambiente en el análisis económico) una nueva concepción en la economía al analizarla de una forma diferente al enfoque ortodoxo apoyado en un sistema mecánico que se mueve con el concepto de racionalidad maximizadora del beneficio y la utilidad, siempre con una tendencia a seguir ciertos patrones; como el equilibrio en los neoclásicos y la corriente circular en Schumpeter. La teoría evolucionista (basada en la teoría de Schumpeter) propondrá un sistema dinámico más asemejado con un sistema biológico parecido al propuesto por la bioeconomía y la Economía Ecológica, en el que todas las variables intervienen en proporción distinta en el sistema y generan un desequilibrio constante con una infinidad de puntos de equilibrio, la tendencia a buscar el equilibrio le dará un carácter cíclico al sistema como parte de su evolución. Como explica Corona²³⁷ el sistema propuesto por la teoría evolutiva tiene la capacidad creativa de la auto organización, los cambios que genera este sistema en continuo proceso evolutivo se observan a través de los cambios en los indicadores económicos, así se observa al sistema en de una forma más “completa”, el sistema evolutivo al suponer la endogeneidad de factores tan diversos como pueden ser el empleo, los cambios demográficos, los cambios tecnológicos y políticos entre otros; hacen muy difícil la modelación y por lo tanto la predicción de los cambios en el sistema. Para los autores evolucionistas la producción agregada (macroeconómica) puede ser estimada pero existen altas probabilidades de que a nivel agregado no se

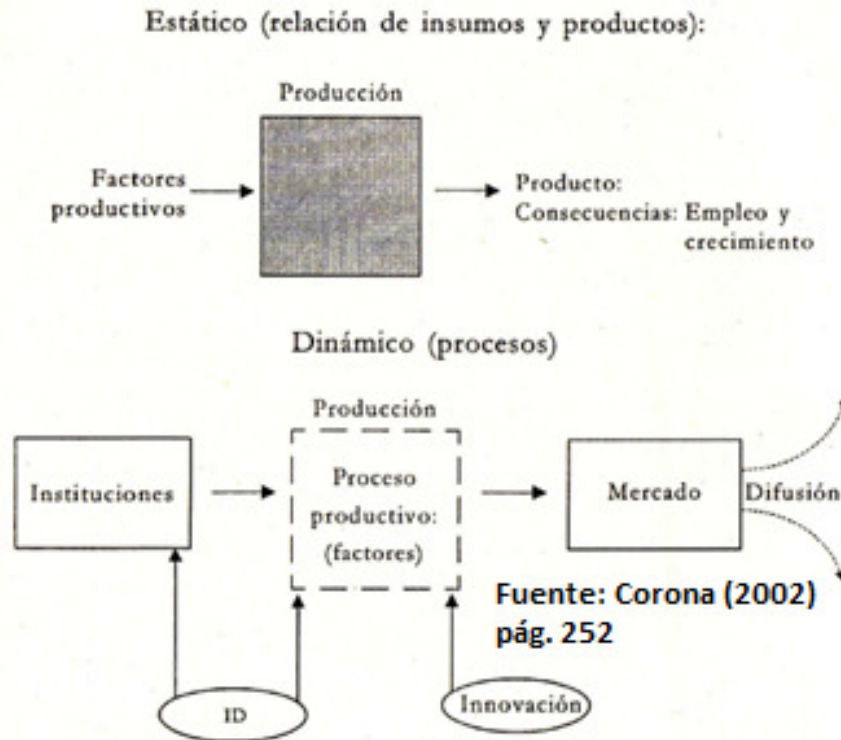
²³⁷ Véase Corona (2002) Pág. 195 - 212

puedan predecir correctamente, que es algo que pasa con la estimación del desarrollo sustentable como veremos en el próximo capítulo.

Para la teoría evolutiva la innovación es el factor más relevante en el crecimiento económico. Este desarrollo tecnológico está determinado endógenamente al sistema por una serie de agentes diferentes “heterogéneos” los unos de los otros²³⁸. En la

siguiente representación

gráfica 3.8 tomada de Corona²³⁹ se muestra la diferencia entre la apreciación del cambio tecnológico en el enfoque estático (neoclásico) y en el enfoque dinámico. (Evolucionista)



Según Carmona²⁴⁰ y lo que hemos visto en el capítulo anterior, la teoría económica; ha, a lo largo del tiempo ha utilizado diferentes analogías para complementar sus observaciones, estas analogías han sido primordialmente mecánicas, análisis newtonianos y cartesianos; estos enfoques llevaron a la utilización sistemática de las matemáticas en la economía. Sin embargo autores como los fisiócratas, Malthus, Mill, Marshall y Marx llegaron a utilizar analogías biológicas en la economía. Como veíamos en el capítulo anterior Malthus describe la auto regulación natural de la población y como esta afectaría al sistema económico. Marx en su concepción de composición orgánica del capital deja plasmado como hay una parte del capital que evolucionara con el tiempo.

²³⁸ Diferente al concepto de agentes homogéneos en la teoría neoclásica convencional.

²³⁹ Ibidem. pág. 252

²⁴⁰ Carmona (1992) pág. 65

(siendo la única parte responsable de la creación de nuevo valor) Marshall como describe Carmona²⁴¹ en su libro “Principios de Economía” consideraba que las aproximaciones de tipo físicas eran las mejores para los primeros estados de las economías; pero en los estados más avanzados era necesaria una conceptualización biológica de la sociedad y la economía.

Aunque las analogías no implican una teoría evolucionista, los autores ya distinguían una relación entre los sistemas biológicos y los sistemas económicos. Schumpeter analiza el proceso del desarrollo tecnológico en la economía, desarrollo que lleva a al concepto de la *destrucción creativa* en el que solo sobrevive la empresa que haya logrado crear o imitar una forma de producción que le permita sobrevivir; así podemos ver que los términos utilizados en las obras de Schumpeter son en gran parte análogas con la biología por lo que el será el responsable de sentar las bases de la teoría evolutiva, como escribe Carmona²⁴² “Schumpeter reconoce que la economía es deudora de la filosofía y de la zoología, más que de la mecánica”. Posteriormente autores como Alchain²⁴³ recurrirán a analogías más fuertes con las teorías evolucionistas en la economía; éste muestra que la competencia entre los agentes económicos no se basa tanto en la maximización, sino más bien en los procesos de adaptación, imitación, prueba y error en la búsqueda del beneficio, más parecido a un patrón de comportamiento natural que a una ley física.

3.6.2) Autores Principales

Los primeros autores en abordar el tema formalmente son R. Nelson y S. Winter²⁴⁴, en su artículo publicado en 1974 “*Neoclassical vs Evolutionary theories of Economic Growth: critiques and prospectus*” rechazan la concepción neoclásica de los conceptos de equilibrio y racionalidad maximizadora propondrán dos conceptos alternativos. Uno de estos conceptos es el de “*La Búsqueda*

²⁴¹ Ibídem, pág. 65

²⁴² Ibídem, pág. 66

²⁴³ Véase Alchain (1950)

²⁴⁴ Véase Nelson y Winter (1974)

Satisfaciente”, el agente que toma la decisión no necesariamente tomara la decisión óptima, en especial porque este no cuenta con la información necesaria para tomarla. El agente que invierta más en conocer la información necesaria para elegir entre diversas tecnologías tendrá una mayor probabilidad de acercarse a la óptima. El concepto de “selección” vendrá en lugar de de equilibrio ya que las empresas que hayan buscado mejor la tecnología probablemente producirán más beneficios; lo que no necesariamente tendría que ir relacionado directamente con el monto de capital invertido. Los autores en su esbozo teórico marcan que la conducta del individuo y de la empresa es similar en el sentido que se enfrentan a decisiones con una cantidad limitada de información. En cuanto a la transferencia de la información, postulan que en gran parte de los casos, el conocimiento tiene más factores tácitos que explícitos, esto es que no todo el conocimiento se podrá transmitir ya que mucho de éste se basa en experiencias y pruebas de ensayo y error, por lo tanto la transmisión del conocimiento será de forma gradual que a veces se acumulara con conocimiento ya establecido en las organizaciones e individuos dándole una “trayectoria natural” a la economía.

Para Giovanni Dosi²⁴⁵ el tema fundamental son los “paradigmas tecnológicos”, estos están marcados por los cambios tecnológicos continuos sobre el paradigma existente y los cambios tecnológicos discontinuos que fomentan el desarrollo de un nuevo paradigma. Dosi critica el concepto neoclásico en que la actividad innovativa está determinada en exclusiva por el mercado, a su vez critica las concepciones de la teoría del Empuje Tecnológico como el de la presión de la demanda como posiciones extremistas. Así plantea el autor la trayectoria tecnológica como la forma en que se dan soluciones a los problemas tecnológicos a lo largo de la vida de un paradigma tecnológico. La selección de tecnologías estará definida por diversos factores socioeconómicos de los que se destacan dos: por una parte para dar soluciones tecnológicas a problemas específicos y por otra parte por la expectativa de ganancias económicas por la comercialización de este desarrollo. Por lo tanto podemos ver que el comportamiento de los agentes viene

²⁴⁵ Véase Dosi (1982)

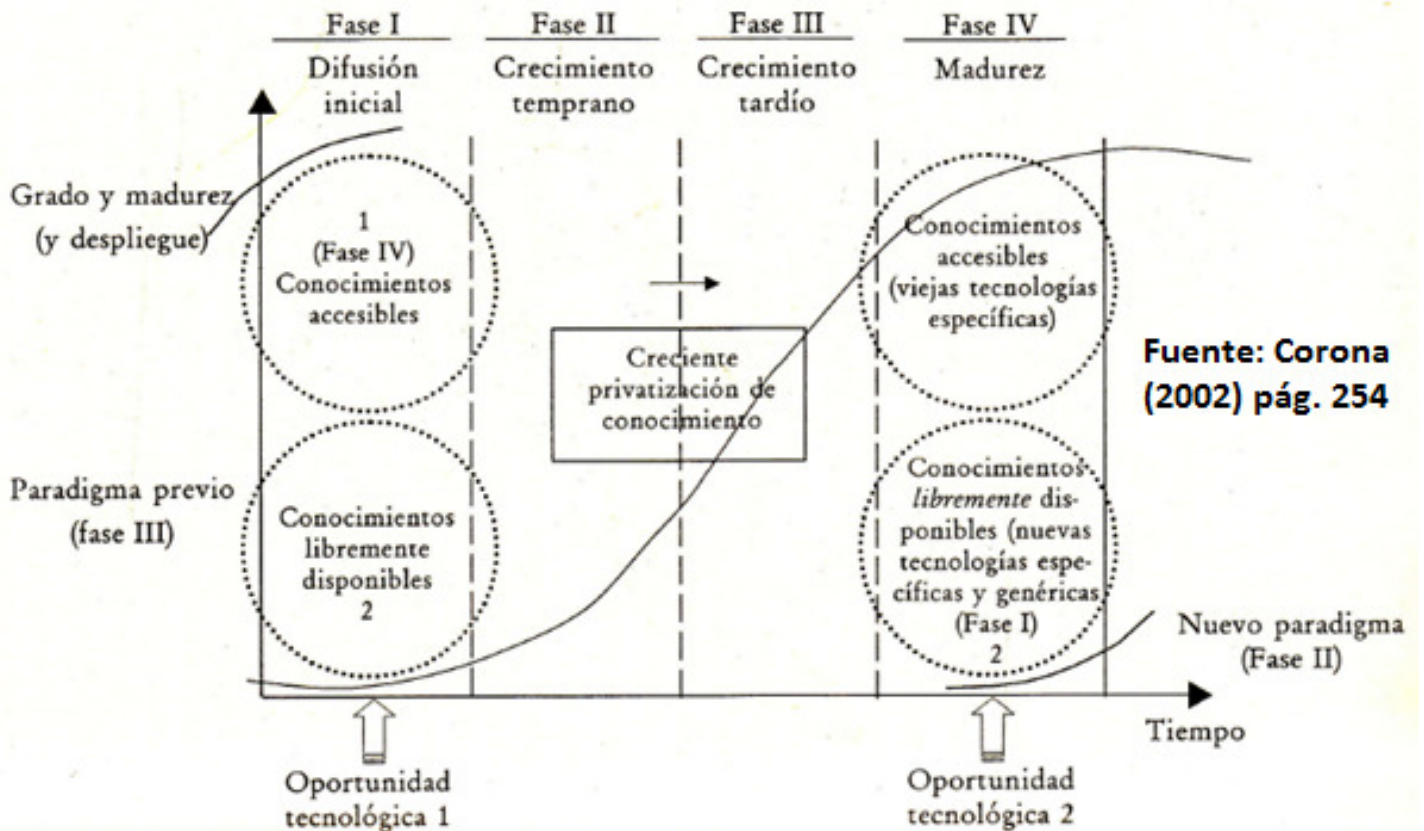
determinado por las condiciones estructurales económicas en su conjunto más que por el mercado.

Carlota Pérez²⁴⁶, con base en la teoría de Dosi, tomará en cuenta los paradigmas tecnológicos en sus cambios discontinuos generadores de nuevos paradigmas. La autora amplía la concepción de paradigma tecnológico refiriéndose a un “*paradigma tecno-económico*”, los paradigmas tecno-económicos han cambiado más aceleradamente desde finales de la segunda guerra mundial. Estos cambios de los paradigmas se han dado debido a cambios en los marcos socio-institucionales; si se opta por tratar de aplicar las mismas políticas de crecimiento que funcionaron en un paradigma anterior en un paradigma posterior para Pérez puede resultar contraproducente. Cada grande cambio de paradigma tecno-económico requiere a su vez un soporte estructural para que esta nueva tecnología radical (que se supone siempre es benéfica) llegue a toda la sociedad. La autora llegara a conclusiones interesantes sobre los procesos de transición paradigmáticas, para el caso de las economías emergentes en el momento de ocurrir un cambio radical estas estarán en una ventaja relativa en la adopción de las nuevas tecnologías ya que las economías que se desarrollaron en gran parte alrededor del antiguo paradigma estarán más comprometidas con éste debido a las inversiones hechas enfocadas en ese paradigma. (Infraestructura, legislaciones, educación) Lo anterior se refleja mediante la apertura de “*ventanas de oportunidades*”.

Como observamos en la siguiente **gráfica 3.9** tomada de Corona²⁴⁷ la vida del paradigma tecno-económico, que la autora denomina periodo de transición, nos dará 4 fases de posible crecimiento que están relacionadas directamente con la disponibilidad de los conocimientos.

²⁴⁶ Véase Pérez (2002)

²⁴⁷ Corona (2002) Pág. 224 tomado a su vez de Pérez (1992) pág. 38



Gráfica 3.9

Los conocimientos resultan ser accesibles en cuanto no se les conceda un valor en el mercado, este valor en la fase inicial comenzará a ser privatizado cuando las expectativas de ganancia de la aplicación de la tecnología vayan en aumento; tendencia que se revertirá cuando la difusión de la tecnología este madura y por causas de competencia (parecido a la tendencia circular de Schumpeter) dicha tecnología ya no represente expectativas de ganancia superiores. Por lo tanto es en la fase inicial cuando hay una ventana de oportunidades para el desarrollo y aprovechamiento de esta nueva tecnología; dependerá de la capacidad para la adaptación y la creatividad de los individuos y las organizaciones lo que determinará su posición en el nuevo paradigma. Como veremos en el próximo capítulo para nuestro caso de estudio podemos hablar de una transición a un nuevo paradigma tecno-económico en el cual preside la sustentabilidad.

El último autor que abordamos es K. Pavitt como se describe en Corona²⁴⁸ este autor mediante un estudio empírico en las empresas inglesas propone una clasificación taxonómica de las mismas según la forma en la que acceden y utilizan la tecnología:

-Las primeras son las “Empresas dominadas tecnológicamente por sus proveedores”, estas empresas para poder ser competitivas se sustentan en los mecanismos de precios para innovar o no. Este tipo de compañías son las predominantes en el sistema económico las innovaciones generalmente provienen de otros sectores productivos.

-En segundo lugar el autor describe empresas que denomina “Empresas de producción intensiva”, dichas empresas se subdividen en empresas productoras a gran escala que son intensivas tecnológicamente y tienen innovaciones de proceso continuas y en empresas de proveedoras de productos especializados que sobre todo tienen innovaciones de producto como maquinaria y equipo para las compañías productoras a gran escala.

-En tercer lugar el autor sitúa a la “Empresas productoras con Tecnologías de Frontera”, estas empresas se encuentran en continuo contacto con centros de investigación y universidades.

Esta clasificación de Pavitt muestra que existe una correlación entre distintos sectores en el uso de tecnologías, la interacción entre las empresas fomentara la evolución y adaptación de las mismas gracias a la búsqueda del beneficio.

La teoría evolucionista le da una primordial importancia a la evolución del cambio tecnológico como un proceso dinámico en el cual participa la sociedad en su conjunto mediante los individuos y sus instituciones. La aplicación tecnológica se enfrenta a procesos de desarrollo y supervivencia. El cambio en los paradigmas abre ventanas de oportunidades para el desarrollo, el crecimiento y el rezago. Es difícil predecir los efectos que tendrá el cambio tecnológico en un sistema

²⁴⁸ Véase Corona (2002) pág. 226 - 230

dinámico pero si se hace adecuadamente²⁴⁹ los resultados son más probables de mostrar la realidad que mediante una comparación estática

Las teorías económicas a lo largo del tiempo han tomado de distintas formas el cambio tecnológico, es evidente que estas formas han variado a la vez en las formas en que las mismas teorías toman a todo el sistema económico. Para los clásicos quienes se preocupaban por los efectos de los procesos económicos en la sociedad la tecnología toma una posición endógena, aunque no es explicada como tal esta posición se debe al analizar los autores los efectos de la división del trabajo a nivel general, si es bien cierto que Ricardo, Malthus y Mill viven en plena revolución tecnológica es natural que se preocupen por los cambios tecnológicos aunque en mayor o menor medida no les atribuyan formalmente el desarrollo económico. El conceso general en el pensamiento clásico fue que en verdad el progreso tecnológico causaría una baja en los precios pero esta llevaría a desequilibrios sociales por la competencia entre trabajadores y maquinaria. Los conceptos desarrollados por los autores clásicos tenían una característica importante que sería retomada por las teorías evolucionistas el de que analizaban a la economía en su conjunto.

Marx es el primer autor que le da una importancia central al desarrollo tecnológico, le confiere un carácter endógeno. En su análisis de las contra tendencias de la ley de la tendencia decreciente de la tasa de ganancia (LTDTG), Marx le conferirá al desarrollo tecnológico una especial importancia que permitirá sobrevivir al capitalismo. Podemos decir que Marx no toma en cuenta el deterioro de los recursos naturales (en forma apropiada) siendo al final estos los responsables en mayor medida con el desarrollo capitalista de la LTDTG, pudiendo llevar inclusive a la desaparición del capitalismo como algo endógeno del sistema pero al tomar al desarrollo tecnológico como endógeno y aunarlo a su preocupación por la evolución de los recursos naturales (aunque fuera de la

²⁴⁹ A pesar de la complicación de hacer modelos económicos dinámicos que incluyan variables poblacionales, educativas, tecnológicas entre otras y la limitante de solo poder ser aplicados a una economía en específico; el resultado será un indicador más confiable del estado real de la economía.

economía) podemos hablar de un saldo positivo del Marxismo en torno al desarrollo sustentable²⁵⁰.

El sistema neoclásico en su método lógico deductivo, ha logrado una simplificación de la realidad teórica rigurosa, lamentablemente las deficiencias de este sistema para aplicar a políticas públicas son claras, es necesaria una evaluación que no solo tome en cuenta los principios de optimización de la función de producción. El hecho de que la teoría ortodoxa no tomen en cuenta los tipos de tecnologías sino solo los resultados de los procesos de la misma causa que de facto esta teoría no tome en cuenta las implicaciones de la aplicación de diferentes tipos de tecnologías que puedan representar mismas relaciones de productividad por lo que puede aparentar lo mismo tener la misma implicación utilizar una tecnología convencional a utilizar una tecnología ambiental o sustentable ya que la teoría no distinguirá a nivel micro las implicaciones de la utilización de una sobre la otra; en este caso la única forma de llegar a una aplicabilidad genera de una tecnología sobre otra sería mediante una mejor cuantificación de las implicaciones de una sobre la otra. Dado que la teoría económica ortodoxa no analiza mayores implicaciones y al considerar la tecnología como exógena al sistema, pero si capaz de llevar a la sustituibilidad de factores; se le podría llegar a denominar como una teoría con un ciego determinismo tecnológico. Así para nuestro caso de estudio las tecnologías ambientales y sustentables generalmente no representarían puntos de maximización económica a nivel micro desde la teoría ortodoxa, a nivel macro si representarían puntos de maximización de beneficio y utilidades sociales solo si se comienza a apreciar y a medir de una mejor forma los daños que ha creado el crecimiento poco escrupuloso en base a políticas económicas ortodoxas , por lo tanto es necesaria una teoría que haga endógenas las cuestiones tecnológicas y de los recursos naturales.

²⁵⁰ Es una lastima que se perdiera la respuesta que dio por Correspondencia Marx a Podolinsky , seguramente esta respuesta aunado a la prolongación de la vida de ambos hubiese significado un avance en la Economía hacia el desarrollo sustentable ,desde antes que se diera la mayor parte de la contaminación por el uso inadecuado de las tecnologías.

La teoría evolucionista nos ha mostrado mediante su sistema analítico integral, que al considerar a la tecnología como parte endógena del sistema económico junto con la Economía Ambiental y la Economía Ecológica, pueden ser posiblemente las mejor herramienta disponible para un sentar una base de la teoría económica de la tecnología sustentable, ya la tecnología sustentable debe de ser capaz de garantizar una visión equitativa y sustentable desarrollo económico. Esta visión solo es posible al analizar a la sociedad en su conjunto a la relación Economía-Sociedad y Economía-Ecología.

La tecnología sustentable a partir de las tecnologías ambientales representan un nuevo paradigma tecno-económico, este paradigma para las tecnologías ambientales (y algunas sustentables) se encuentra en un estado de Difusión Inicial (fase uno) en donde hay ventanas de oportunidades para las economías subdesarrolladas y desarrolladas. Las tecnologías ambientales y sustentables debido a que no reflejan la maximización del beneficio para individuos e organizaciones son frecuentemente implementadas a causa de cambios en la regulación ambiental por lo que no pueden ser fácilmente analizadas desde un punto de vista estático, sino más bien dinámico. El sistema que será capaz de llevarnos a un proceso de desarrollo económico sustentable se basara en una viabilidad ecológica y en una equidad social en un sentido dinámico por lo que es probable que la teoría neoclásica ortodoxa de la tecnología no permitirá analizar la teoría de la tecnología sustentable de una forma adecuada.

Cuarto Capítulo:

Hacia una Teoría de la Tecnología Sustentable

Como hemos visto en los capítulos anteriores la evolución del pensamiento económico ha sido hacia la especialización de este en la crematística, ésta especialización ha traído como consecuencia dejar de un lado los aspectos tecnológicos y ecológicos, la economía ecológica y la teoría evolucionista de la tecnología nos pueden proporcionar las herramientas adecuadas para constituir una teoría de la tecnología sustentable. En el desarrollo de esta teoría es indispensable tomar en cuenta la segunda ley de la termodinámica, a su vez será necesario tomar en cuenta las implicaciones de una asignación intergeneracional “ética” de los recursos; así como los principios de irreversibilidad de los procesos y la no sustituibilidad entre los recursos naturales y materiales planteados desde la economía ecológica y ambiental.

4.1.- La Tecnología y la Estimación del Desarrollo Sustentable.

Como hemos visto a lo largo del trabajo un primer problema que surge tanto en las especificaciones ecológicas como tecnológicas es el de la medición, el de la estimación. Con una estimación correcta o por lo menos cercana a lo correcto podemos saber hacia donde dirigir nuestros esfuerzos. Como hemos visto la teoría económica ortodoxa se ve limitada tanto en el ámbito tecnológico como el ecológico al intentar ser una ciencia más apegada a la crematística que a la economía; por lo tanto es necesario, que un análisis que vaya dirigido hacia el logro de la sustentabilidad analice por un lado la tecnología utilizada, la tecnología actual que es considerada eficiente y por otro lado intentar cuantificar sus implicaciones ecológicas y energéticas. Aunque las tecnologías más eficientes en el sentido termodinámico pueden no serlo en el sentido económico; generalmente

y dependiendo de nuestras valoraciones de desarrollo sustentable, realmente lo serán. Así más importante será por el momento fijar la meta, esta meta es la de alcanzar un desarrollo sustentable. Ahora debemos medir ese desarrollo sustentable. ¿Como se alcanza el desarrollo sustentable? Para tratar de responder esta pregunta los economistas han ideado formas de medir el desarrollo sustentable.

4.1.1) Midiendo el desarrollo sustentable.

En el presente trabajo se asume que la tecnología podrá ser capaz de encontrar nuevas fuentes de energía, pero no se depende de ello; la expectativa de incluir nueva energía en el sistema no es tomada en cuenta para la estimación del desarrollo sustentable; por lo tanto se asume que la cantidad de energía “utilizable” por el hombre, disponible en nuestro mundo se mantendrá cerca de las cantidades estimadas. Debido a lo anterior es posible aproximarse a una estimación teórica del desarrollo sustentable. El hacer un intento de aproximación desde el punto de vista de la energía utilizada por el hombre para el desarrollo no es tomada al azar; en los últimos años el desarrollo y crecimiento económico parece estar relacionado directamente con la cantidad de energía que cierta sociedad utiliza para su reproducción, siendo los países con una mayor huella ecológica aquellos que tienden a tener un mayor índice de desarrollo humano.

Como vimos anteriormente en el segundo capítulo, el desarrollo masivo de una preocupación medioambiental se da a partir de los años sesentas del siglo pasado. Antes de ésto se pensaba en general que la mejor medida económica era la de el producto interno bruto (PIB) o la del producto nacional bruto (PNB); sin embargo diversos autores comenzaban a darse cuenta que había procesos económicos importantes que eran claramente omitidos por esta contabilidad nacional²⁵¹. Esta contabilidad nacional cae en el problema descrito anteriormente de solo toma en cuenta aquello que es objeto de transacciones mercantiles o que

²⁵¹ Véase Naredo (2003) pág. 415 - 436

esta sujeto a claras reglas de escasez, en este sentido el análisis de Martínez y Schlupmann²⁵² en que debido a la cantidad de insolación y de biodiversidad las naciones del norte son pobres en comparación a las del sur. Resultaría totalmente incierto ya que en el PIB o el PNB se apreciaría que a pesar de los menores beneficios ambientales la producción es mayor en las naciones “más pobres” del norte.²⁵³ Como describe Naredo a pesar de poder medir el flujo de energía y de recursos naturales en un sistema económico, estos no se prestan a ser reducidos a una magnitud homogénea para su análisis²⁵⁴. A su vez la contabilidad nacional tradicional no incluye el acervo de recursos naturales tan solo el acervo de recursos materiales; por lo que la utilización intensiva de los recursos naturales no quedara contabilizada como tal, dificultando el trabajo a la economía ambiental para asignar una valoración para su protección o para su óptima extracción. De hecho ante una extracción excesiva se reflejaría un aumento en el PIB que al contrario por ser una extracción incorrecta según la regla de Hotelling se estaría contabilizando una perdida como una ganancia²⁵⁵ Ante el problema anterior la OCDE en 1972 publica “Los Costes de los daños producidos al medio ambiente²⁵⁶” en el cual se pueden ver algunos intentos de economistas por llegar a una mejor contabilización nacional en materia de recursos naturales. Entre estas aportaciones se encuentra la función de daño físico que intenta medir los deterioros ambientales y sociales de la actividad económica reflejándolos en unidades monetarias para restárselos al PIB. Esta función del daño físico derivó en el Producto Interno Bruto Verde que fue el primer intento formal de crear una contabilidad nacional más realista. El siguiente intento más serio fue el de las Naciones Unidas de crear “Cuentas Satélites” que tomaban valores monetarios y energéticos para comparar la evolución de los recursos naturales en el proceso económico. En sí, el problema como lo describe la economía ecológica de la

²⁵² Martínez Alier y Schlupmann (1991) pág. 87

²⁵³ Esto podría llevar a cualquier economicista a inclusive inferir que a una menor tasa de insolación, existe una mayor propensión a la producción en las naciones.

²⁵⁴ Naredo (2003) pág. 426

²⁵⁵ Cuervo y Ramos (2000) pág. 209

²⁵⁶ Véase OCDE (1972)

valoración de los recursos naturales es como ya hemos visto anteriormente, que ésta puede llevar a pensar que la sustituibilidad de los factores existe²⁵⁷.

La Economía Ambiental romperá con estas mediciones; Pearce y Atkinson en la revista de Ecological Economics publicarán su indicador de sustentabilidad “Z”. Este indicador toma en cuenta la depreciación del capital natural como la suma monetaria que tiene que ser invertida para mantener el capital natural intacto²⁵⁸ El problema al que se enfrentan los autores es la medición correcta de este stock de capital que tiene que ser recuperado, se puede abordar desde la regla de Hotelling que recordemos definiría la renta de escases del recurso dando el precio del mercado del mismo menos el coste marginal de extracción. Así “Z” representará la diferencia entre el ahorro (o inversión) entre la renta de un país y la depreciación del acervo de recursos naturales. Por lo tanto si un país tiene más renta relativa al ahorro que depreciación del acervo de recursos naturales (+Z) este país esta siendo sustentable; pero si un país tiene un mayor deterioro ambiental que la renta relativa (-Z) entonces estará en una situación insustentable ya que la renta no podrá pagar los costos de recuperación del acervo perdido de recursos naturales.

Esta conceptualización del ahorro llevo a Hamilton a formular su teoría sobre el “ahorro genuino” dicho ahorro genuino es el resultado de la contabilización de las depreciaciones tanto del acervo de capital manufacturado como el de recursos naturales, a un cierto nivel de ahorro genuino es posible mantener los recursos naturales al mismo nivel. Estas teorías de la Economía Ambiental toman en cuenta la sustituibilidad de el capital con los recursos naturales la cual como hemos visto en la mayor parte de los casos no es posible; sin embargo estos estimadores de sustentabilidad son los esfuerzos primeros por lograr una aproximación apropiada en la materia. Para el análisis tomamos la posición de Pearce y Atkinson en la que el desarrollo sustentable no puede lograrse si se pierde el acervo de recursos naturales, pero es necesario utilizar este mismo acervo para el desarrollo sustentable recuperándolo para mantenerlo circa los mismos niveles. Es imposible un desarrollo sustentable si no se utilizan los recursos naturales y es todavía más

²⁵⁷ Cuerdo y Ramos pág. 212 - 213

²⁵⁸ Véase Pearce y Atkinson (1993) pág. 171

inconcebible un desarrollo sustentable en el que se suponga los niveles de entropía se mantendrán estables.

Otros indicadores que se consideran claves en este trabajo, para una estimación inicial del desarrollo sustentable son el Índice de Desarrollo Humano y la Huella Ecológica. Ambos suelen ser reconocidos como los índices más acercados al desarrollo y al deterioro ambiental. A pesar de ser criticables dentro de sus estructuras, estos son probablemente más acertados en sus cálculos que los indicadores generalmente utilizados por la teoría ortodoxa (como el PIB per cápita).

-El índice de desarrollo humano (IDH):

Surge del Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas (PDNU); el índice en sí fue ideado y realizado por un grupo de economistas del desarrollo, fuertemente influenciados y complementados por las ideas de Amartya Sen sobre el capital humano, bajo el mando de Mahbub ul Haq, logran la publicación en 1990 del primer Reporte de Desarrollo Humano por la UNDP²⁵⁹. A pesar de diversos cambios el IDH incluyó en el Reporte de Desarrollo Humano del 2010 tres índices claves (incluyendo el índice ajustado a la desigualdad); el índice se constituye en tres ejes fundamentales; el índice de esperanza de vida (LEI), el índice de educación (EI) y el índice del ingreso, representado por el ingreso nacional bruto a valores de paridad de poder adquisitivo (II). La media geométrica de estos tres índices normalizados, resultará en el IDH de la forma:

$$\text{IDH} = \sqrt[3]{\text{LEI} * \text{EI} * \text{II}}$$

El Índice ajustado de Desigualdad, refleja la disparidad entre el IDH de una sociedad con el IDH per cápita; a mayor diferencia en estos índices se interpreta que hay una menor equidad reduciendo el IDH²⁶⁰. El IDH ha servido en gran parte debido a que al ser un a medida estandarizada y sencilla de manejar, ha podido ser incluida fácilmente en los sistemas de cuentas nacionales de muchos países;

²⁵⁹ Véase PNUD (2010) pág. vi – vii.

²⁶⁰ Es de remarcar que por la inclusión en el 2010 de la inequidad en el análisis, pasaron diversos cambios en la ponderación de IDH por naciones, por ejemplo; Los Estados Unidos redujeron su IDH en comparación mundial de la posición 8 a la posición 12, en cambio países con relativa equidad adelantaron posiciones como el caso de la republica Checa que pasó de la posición 28 a la posición 15. Países de Latinoamérica en general bajaron en sus posicionamientos globales; México bajo 8 posiciones.

siendo un indicador más veraz de la realidad económica para el desarrollo; que los indicadores comúnmente utilizados en la macroeconomía.

-La Huella Ecológica:

Es desarrollada en la Tesis doctoral de Matis Wackernagel por él y su asesor William Rees en 1990. Lo que mide básicamente es, una comparación entre las capacidades regenerativas de la tierra y la demanda de bienes y servicios humanos; reflejando en hectáreas que se necesitan por persona para que el sistema tenga capacidad de carga adecuada para mantener esta persona sin que se vea “afectada” dicha tierra en sus capacidades regenerativas. La huella ecológica a pesar de hacer cambios significativos en los últimos años, en el 2009 se constituyó la estandarización del Índice de Huella Ecológica²⁶¹ para poder comparar índices de diversas instituciones. El índice calcula La tierra de cultivo versus la tierra cultivable, la tierra de pastoreo versus los pastizales, la silvicultura versus la cantidad de bosques, la tierra habitada versus la tierra habitable, la pesca versus las pesquerías. Como se describía en el apartado 1.2 del primer capítulo gracias al cálculo de la huella ecológica el Reporte del Planeta Viviente (RPV) 2010 marca que es necesario el cambio tecnológico hacia tecnología mas eficiente que tienda a la conservación energética²⁶² estableciendo la “Tecnología Eficiente” como uno de los tres pilares para el desarrollo sustentable²⁶³. La capacidad máxima de carga se estima alrededor de las 1.8 hectáreas por persona. A continuación se muestra una gráfica (4.1) tomada del RPV 2006 en la cual se compara el IDH con el IHE de diversos países; es posible observar en la grafica algunas tendencias importantes en cuanto a desarrollo económico; resulta en cierto punto evidente que los países con más elevados IDH²⁶⁴ tienden a su vez a tener una mayor huella ecológica, esto se debe primordialmente a las políticas de desarrollo y crecimiento impulsadas en los últimos años por la teoría ortodoxa basadas en la disipación de energía con tecnología altamente ineficiente.

²⁶¹ WWF (2009)

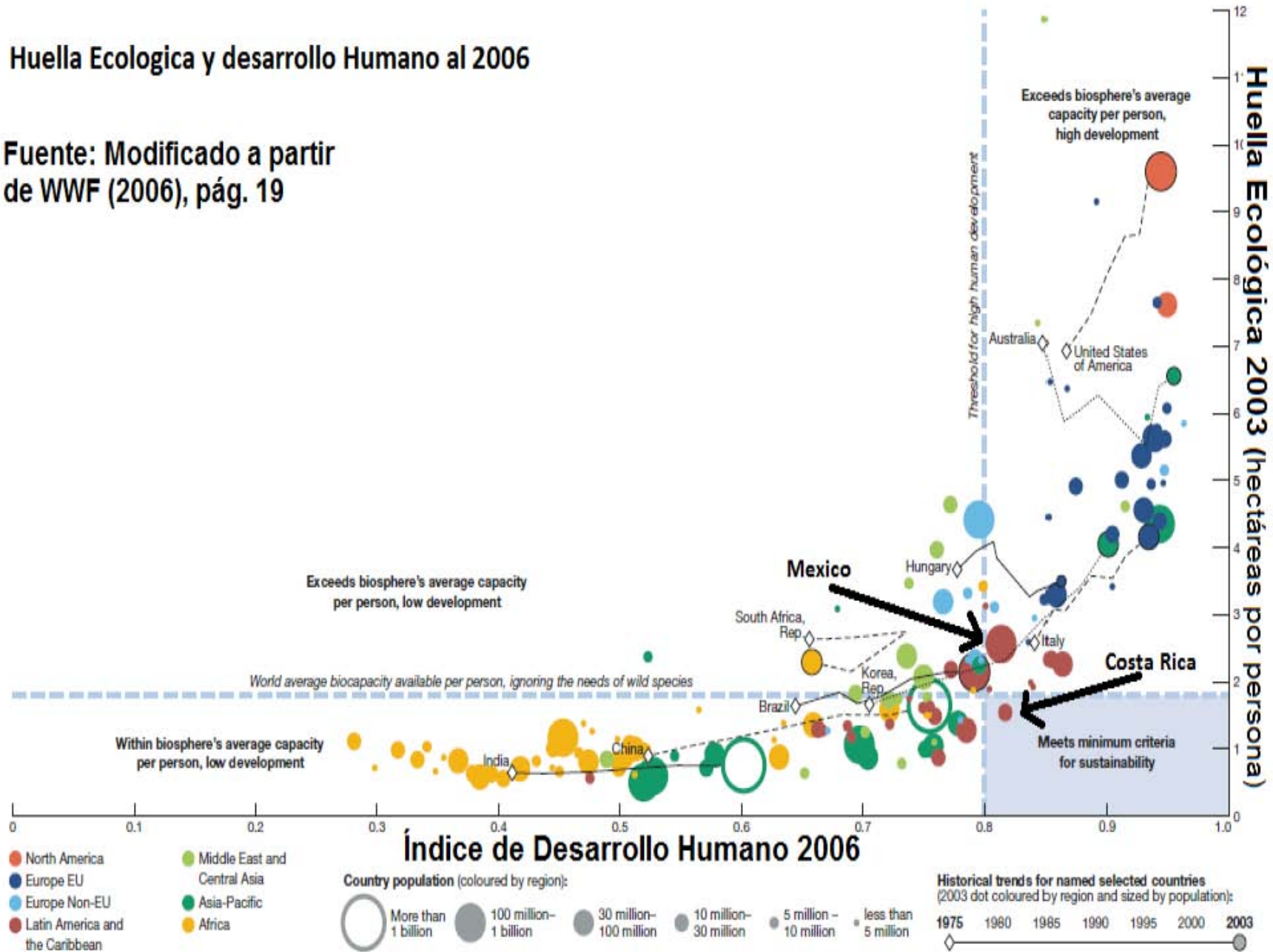
²⁶² Ibidem, pág. 95

²⁶³ Ibidem, pág. 11

²⁶⁴ La siguiente gráfica, al ser del 2006 no presenta el IDH ajustado , si lo presentase la posición de los Estados Unidos cambiaria drásticamente en su evolución marcada desde 1970 , realmente ha aumentado en mucho mayor proporción su huella ecológica en comparación a su IDH.

Huella Ecológica y desarrollo Humano al 2006

Fuente: Modificado a partir de WWF (2006), pág. 19



4.1.2) Tecnología Sustentable Pura y Estimada.

Los intentos por alcanzar una medición correcta de lo que es sustentable son sin duda un gran avance, en dirección a lograr un desarrollo sustentable. El llegar a una estimación veraz en cuanto a los procesos materiales y ecológicos nos puede llevar a un cálculo más acercado a la realidad, permitiéndonos llegar a un método de desarrollo sustentable más real.

Ahora como describen Cuervo y Ramos²⁶⁵ una crítica de la Economía Ecológica a la Economía Ambiental se basa en; que por la naturaleza de los ecosistemas existe amplia incertidumbre de las consecuencias últimas de las acciones humanas. Debido a esta incertidumbre y falta de conocimiento total del movimiento de los ecosistemas con la actividad humana, se puede inferir que entre más intervenga la actividad humana más probable será un cambio en los ecosistemas; pero más importante por el momento es que; por poco que intervenga o no la actividad humana, los procesos eco sistémicos en el largo plazo pueden seguir siendo en cierta medida impredecibles. Debido principalmente a este motivo la estimación del desarrollo sustentable que podemos llamar “Desarrollo Sustentable Estimado” es probable que nunca sea exacta y si llega a serlo será más bien por pura coincidencia. Esto se basa en el concepto de “decisión satisfaciente” de la teoría Evolucionista de R. Nelson y S. Winter²⁶⁶ ya que es incalculable la forma exacta de desarrollo sustentable pero existe una que interpretaremos como la mejor.

A la forma del desarrollo sustentable exacta que nos especifique como debemos desarrollarnos para hacer del desarrollo realmente “sustentable” para una cantidad cualquiera de tiempo se le puede denominar “desarrollo sustentable puro” que como vimos es imposible de saber. La única forma de estimar un desarrollo sustentable puro sería estableciendo un límite de vida, a la probablemente única fuente de energía real que ha tenido la tierra, el Sol y de ahí calcular una especie de regla de extracción óptima de Solow-Hartwik²⁶⁷ de esta energía junto con la

²⁶⁵ Véase Cuervo y Ramos (2000) pág. 238-239

²⁶⁶ Véase Nelson y Winter (1977)

²⁶⁷ Tan solo para ilustrar nuestro ejemplo.

energía almacenada en la tierra por cada átomo, que se podría expresar en un tasa de aumento máximo de la entropía por un periodo de tiempo. Entonces se puede decir que durante este periodo de tiempo²⁶⁸ se buscará tener el mejor nivel de vida posible manteniendo los recursos naturales intactos para cada generación; si se mantiene la tecnología constante entonces el principio de pasar con menos de Georgescu-Roegen sería obligatoriamente aplicado. Sin embargo sabemos que es imposible llegar a una estimación real de este desarrollo sustentable. De esta forma y con tecnología constante, como se describe en Meadows, los límites al crecimiento se encuentran sobre pasados²⁶⁹ por lo que sería necesaria una redistribución de la actividad económica y una reducción significativa en los flujos de materia y energía para llegar a un desarrollo sustentable.

Pareciera que dichos cálculos fueran más bien propios de una novela de ciencia ficción. Sin embargo a este mismo desarrollo sustentable puro le correspondería una “Tecnología Sustentable Pura” capaz de mantener los recursos naturales intactos al mismo tiempo de permitir un continuo desarrollo humano. El desarrollo sustentable estimado con formas teóricas más adecuadas debe de poder acercarse más a la estimación a este desarrollo puro; sin embargo debido la incertidumbre acerca de los procesos naturales y la incertidumbre acerca de la evolución tecnológica; no sabemos si esta forma de desarrollo sustentable estimada estará sobre o subvalorada de la del desarrollo sustentable puro, por lo tanto podemos decir que; a un grado mínimo de eficiencia tecnológica termodinámica (por ejemplo un grado de tecnología ambiental contemporánea²⁷⁰) se puede desarrollar la economía y a un grado máximo no se puede desarrollar²⁷¹. El grado optimizador del beneficio se encontrara entre estos dos puntos. La forma en la que nos aproximamos a este punto optimizador es mediante la tecnología sustentable estimada (que propiamente dicho sería las tecnologías dirigidas hacia el desarrollo sustentable). Esta tecnología deberá de lograr un desarrollo

²⁶⁸ Suponiendo que el ser humano vive en un mundo cerrado y no podrá almacenar energía.

²⁶⁹ Véase Meadows (1992) pág.xvi

²⁷⁰ La tecnología Ambiental por su definición es gradual y que va cambiando según cambia la tecnología a representar cada vez un menor impacto su utilización a la tecnología anterior. Por lo tanto la tecnología ambiental a cierto grado o avance de la misma se convertirá en tecnología sustentable.

²⁷¹ Tomando como supuesto que la tecnología es en si necesaria para el desarrollo humano.

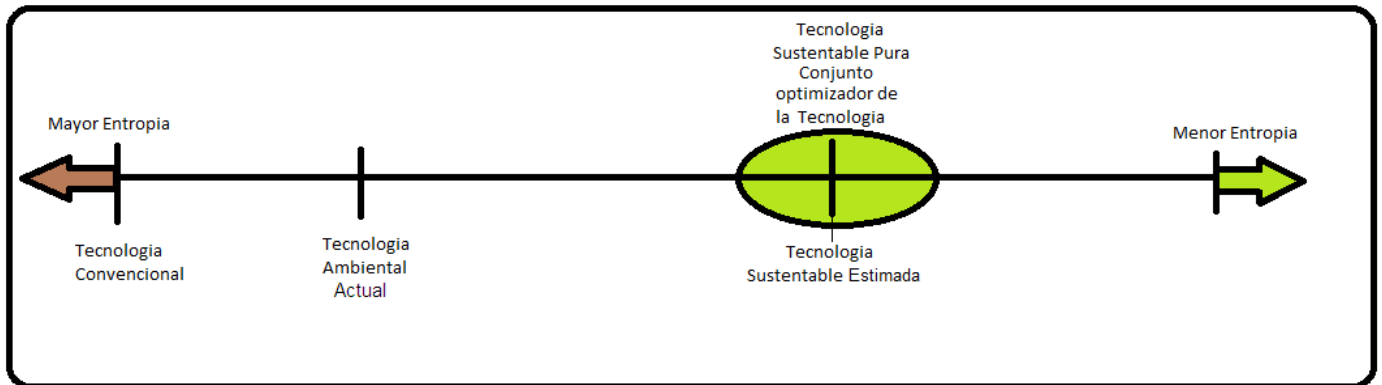
sustentable a pesar de que este implique crecimiento económico en un primer periodo. En la siguiente representación **Gráfica 4.2** se observa basado en el supuesto de que la tecnología generalmente entre menos entropía genere será probablemente más sustentable, hasta el punto en el que la tecnología al buscar no afectar en lo absoluto el nivel de entropía no promoverá un desarrollo sustentable debido a que no estará dentro de la tasa óptima de extracción de la energía en parte por la segunda ley de la termodinámica²⁷²; por lo tanto a diferencia de los índices de desarrollo sustentable la tecnología sustentable debido a la expectativa positiva futura en cuanto al desarrollo por la utilización de la tecnología hacia menores niveles de entropía y la expectativa de descubrimiento de nuevos recursos nos lleva a suponer que la tecnología adecuada para el desarrollo sustentable (pura) probablemente se encontrará cerca de los términos estimados. Donde el conjunto optimizador de la tecnología será aquel donde se encuentren las diversas tecnologías sustentables estimadas consideradas como tecnología óptima.

Así en base al capítulo anterior establecemos ciertos supuestos de la tecnología sustentable estimada que simplemente denominaremos “Tecnología Sustentable” que permitirán alcanzar un desarrollo sustentable a pesar de no estar en los niveles más bajos posibles de entropía, de la misma forma podemos definir que si la tecnología ambiental está enfocada a un desarrollo sustentable desde las estimaciones se esperan serán obtenidas a partir de la síntesis de la teoría de los recursos naturales junto con la económica ambiental , la economía ecológica y la teoría evolucionista de la tecnología como Tecnología Sustentable. Así se engloban en torno a los conceptos de Tecnologías Sustentables solo desde una visión dinámica²⁷³, las tecnologías que tengan como objetivo el lograr un

²⁷² Debemos recordar que por la segunda ley de la termodinámica una maquina que no genere disipación de energía es imposible , por lo tanto es imposible crear una maquina de movimiento perpetuo , debido a esto se establece que el máximo poder posible en una máquina no puede estar cerca del nivel de cero entropía ya que como escribe Peet (1992) pág. 39 “la mejor maquina que puede ser creada es aquella que no es tan cercana al nivel más bajo de entropía ya que esta seria extremadamente lenta”

²⁷³ Sin embargo en un análisis estático es conveniente tipificar a las tecnologías ambientales tendientes al desarrollo sustentable y las tecnologías tendientes al desarrollo sustentable como, tecnologías ambientales y tecnologías sustentables respectivamente.

desarrollo sustentable; tomando desde un punto de vista dinámico y suponiendo la evolución de los sistemas tecnológicos. Sin embargo su distinción en Tecnología Sustentable y Tecnología Ambiental es conveniente para demarcar la evolución de las mismas.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 4.2

A continuación hacemos un muy breve análisis de algunos conceptos básicos que podrían pertenecer a la Tecnología Sustentable.

4.2.- Aspectos y conceptos básicos de la Tecnología Sustentable.

Sí en este trabajo, se plantea la necesidad de establecer un marco teórico renovado de la tecnología debido a que la teoría ortodoxa no cumple con las condiciones vistas en el segundo y tercer capítulo; es coherente hacer un replanteamiento básico de los mismos conceptos ortodoxos, con la incorporación de las propuestas tanto de la economía ambiental y ecológica como de la evolucionista.

4.2.1) El replanteamiento de los conceptos Tecnológicos en torno al Desarrollo Sustentable.

Como se describía en el primer capítulo en el apartado 1.4, no todas las tecnologías que aparentan ser benéficas lo son. El simple análisis ortodoxo del costo beneficio ha podido bien haber fallado en su estimación de los costos

verdaderos de la utilización de la tecnología. En sí se esperaría que los sistemas tecnológicos evolucionaran conforme a la eficiencia energética, sin embargo esto no ha sucedido, en los últimos 200 años los sistemas han evolucionado generalmente en cuanto a sus capacidades de disipación de energía.

a) La invención:

En el primer capítulo se describía que desde la concepción ortodoxa de la tecnología por lo general un invento es de consideración económica hasta que se le concede una aplicación, esto es que cualquier tecnología en el momento de contar con una técnica para su aplicación será de relevancia para su estudio económico como tecnología, ya que antes que esto será considerada y valorada como descubrimiento probablemente inútil en términos económicos, sin embargo al suponer la continua evolución de los sistemas tecnológicos conforme avanza la implementación de los mismos puede resultar un tanto evidente que los efectos de la invención valorizados sobre el sistema económico, son plausibles antes de que estos se conviertan en tecnologías, por lo tanto es importante lograr enfocar los esfuerzos inventivos en torno a la meta del desarrollo sustentable valorizándolos según su enfoque. Schmookler²⁷⁴ fue el primero en tratar de acoplar la invención a la teoría económica, quien la pone en función directa con la utilidad esperada de la aplicación de ésta nueva invención, relaciona los beneficios esperados de la invención para determinar la inversión en proyectos productivos para llevarlas a cabo. Aunque parece lógica ésta aproximación de Schmookler y es la más aceptada por la teoría ortodoxa (como se vio en tercer capítulo apartado 3.5.2), también es criticable desde el punto de vista de la “sustentabilidad tecnológica” por que aunque se puede decir que toda invención busca un beneficio, éste beneficio, solo en determinadas circunstancias se reflejará en un beneficio económico²⁷⁵. Para la tecnología sustentable dicho beneficio probablemente no se presentará como la mejor opción bajo los análisis ortodoxos de costo beneficio, generalmente en un análisis de este tipo dichas tecnologías aparecerán como no óptimas;

²⁷⁴ Véase Schmookler (1966)

²⁷⁵ Desde la concepción ortodoxa, ya que no todo lo percibido subjetivamente como beneficio, lo es, objetivamente.

debido a que sus beneficios son reflejados en aspectos mucho más difíciles de calcular como son la conservación de los recursos naturales ó el desarrollo sustentable. La Tecnología Sustentable expresa beneficios individuales y sociales no siempre directos (conocidos) para el consumidor de dichas tecnologías. Un ejemplo de beneficio social indirecto, puede ser cuando no se utiliza un producto (y probablemente nunca se utilizara) cerca de su máximo potencial por el consumidor, por lo tanto el consumidor no conoce el máximo potencial utilitario del mismo. La pregunta que sigue es ¿Entonces como se puede decir que es una utilidad para el consumidor si este nunca utilizará el potencial ni se dará cuenta que existe del producto? La respuesta se basa en que no solo el beneficio esperado por el consumidor reflejará el beneficio otorgado por la utilización del producto o sistema tecnológico sustentable; ya que eventualmente se alcanzará un mayor potencial de productividad social por aquellos que si utilizan la tecnología cerca de su utilidad total y el consumo general de todos estos bienes permite el desarrollo de sus sistemas de innovación que causa un efecto de encadenamiento evolutivo de la tecnología al ser procesos diferenciados de progreso por lo cual le dará un beneficio social al consumidor igual al progreso tecnológico general. Para le tecnología sustentable podemos ver el próximo apartado acerca de esta tendencia positiva de crecimiento tecnológico, a pesar de no percibir directamente individual y socialmente los beneficios en el consumo y utilización de tecnologías sustentables , el agente estará contribuyendo en la misma medida que lo hace dicha tecnología con el desarrollo sustentable. Para la teoría económica ortodoxa, el consumo de un producto que no le genere una percepción adecuada de utilidad al individuo llevará a este a elegir otra alternativa, sin embargo si se utiliza una aproximación económica complementada con la economía ambiental y ecológica a la económica ortodoxa puede que se logre un mejor análisis de las implicaciones para el desarrollo de la utilización de tecnologías sustentables generando las capacidades en los individuos para hacer elecciones que les permitan conocer mejor el potencial que tienen las tecnologías

de dirigir el desarrollo sustentable de la forma mas conveniente para sus intereses²⁷⁶.

b) Los Sistemas Tecnológicos enfocados en el Desarrollo Sustentable:

Los sistemas tecnológicos por lo general se encuentran en continua evolución, entre mas se utiliza un sistema mayor capacidad tiene éste de que sus subsistemas o suprasistemas evolucionen con él; para las tecnologías sustentables este concepto resulta fundamental ya que la aplicación y por ende evolución de los inventos en innovaciones y en sistemas tecnológicos tendrá una relación directa con la importancia económica que se les otorgue. Con una mejor aproximación a lo que debe ser el desarrollo sustentable se acrecentará la importancia hacia el desarrollo de sistemas tecnológicos en aras del desarrollo sustentable. Es claro que una tecnología ambiental ó sustentable clave, será aquella que represente un sistema de gran dimensión; por ejemplo basada en los motores eléctricos suministrados de energía mediante paneles fotovoltaicos²⁷⁷. Se supone que la evolución (que se espera será continua) de estos sistemas tecnológicos en aras a la sustentabilidad llevará a beneficios cada vez mas evidentes desde un punto de vista de la económica ortodoxa, al convertirse en tecnologías mejores y que podrían llegar a satisfacer a visiones teóricas tan separadas como la economía neoclásica y la económica ecológica si parten desde una visión consensada de las mismas.

4.2.2) Los Cambios Tecnológicos para el Desarrollo Sustentable.

a) El aprendizaje:

Si la conceptualización de los cambios técnicos científicos son analizados en forma amplia por la teoría ortodoxa, en diversos casos pueden ser abordados

²⁷⁶ Intereses fundamentados en una nueva racionalidad económica como la propuesta por Leff. En otras palabras intereses individuales con un sentido hacia el desarrollo sustentable.

²⁷⁷ En cualquier parte del mundo donde brille el Sol , es adaptable a casi cualquier tipo de trabajo el motor eléctrico propulsado con paneles fotovoltaicos.

desde una visión equivocada; si la constitución de una estructura social adecuada para el continuo enriquecimiento del capital humano es un argumento cierto, a su vez dentro de este argumento podemos incluir la necesidad de un enriquecimiento “completo” con una educación ambiental para el desarrollo sustentable que reoriente los conceptos de producción y consumo para generar una conciencia social hacia el desarrollo sustentable. Así como se describía en el apartado 1.4.2 en el primer capítulo, la primera revolución industrial inició con un cambio en el aprendizaje, impulsado en gran parte por el cambio del paradigma religioso imperante; de forma similar debemos de cambiar este paradigma contemporáneo del crecimiento para alcanzar como describe Leff²⁷⁸, una “nueva racionalidad ambiental” capaz de llevar a una nueva “racionalidad productiva” que permita el cambio en toda la sociedad para llegar a un desarrollo sustentable. Dicho cambio permitirá la incursión tecnológica ambiental y sustentable en actividades y sectores donde actualmente es prácticamente imposible.

b) Cambios Tecnológicos de Producción; produciendo con Tecnología Ambiental y Sustentable.

La fabricación de una forma más sustentable, de productos (no necesariamente “bienes”) de consumo y de capital generalmente está asociada al beneficio indirecto entre los consumidores. Por ejemplo que se encuentre fabricado un producto cualquiera con materiales biodegradables y mediante procesos que generen poca contaminación y menor aumento de entropía; el producto parecerá expresar la misma utilidad al consumidor siendo en esencia el mismo, pero en realidad será de una mayor utilidad para él; tomando de la economía ambiental será para el de mayor utilidad en la medida que la contaminación lo afecte. Suponiendo que dicho individuo habita en una comunidad cerrada de 100 habitantes el consumo de este producto (fabricado en la misma comunidad) representará una utilidad mayor a la expresada por 1/100 de lo que representaría la contaminación por la utilización de dicho producto; esto también traería beneficios sociales ya que dicho beneficio de 1/100 sería para los 100 miembros

²⁷⁸ Vease, Leff (2005) pág. 17 - 21

de dicha comunidad.²⁷⁹ Los procesos por ende deben de ser analizados extensamente ya que, del proceso y de la tecnología ocupada en el mismo se basa en gran parte la tecnología ambiental convencional, en la cual se busca un producto similar (similar, por que no puede ser igual el output) siendo el mismo tipo de insumos, pero que en el proceso refleja una menor contaminación y menor disipación de energía. Aunque los cambios tecnológicos de producción generalmente no reflejen beneficios directos conocidos para el consumidor, la constitución de una nueva racionalidad económica ambiental en la sociedad en su conjunto permitirá que aquellos beneficios sociales e intergeneracionales que representa la fabricación de productos de formas mas sustentables, sean valorados como beneficios directos para consumidores cada vez mas conscientes de la necesidad de un desarrollo sustentable, permitiendo una mejor comercialización de dichos beneficios.

c) Cambios Tecnológicos de Producción; aumento de Calidad.

Es probablemente necesario para direccionar una nueva racionalidad productiva hacia el desarrollo sustentable, el desarrollo de sistemas tecnológicos ambientales que promuevan la durabilidad de los productos; si bien puede ser cierto que los patrones de producción y consumo son contrarios e incompatibles con la naturaleza, la necesidad de la producción y consumo para el desarrollo humano es de igual forma evidente; por lo que dicha producción y consumo deben de ser compatibles con el medio ambiente y a su vez con las necesidades humanas. El aumento de la calidad y durabilidad de los productos son claves para iniciar una senda de desarrollo sustentable; dicha mayor durabilidad y calidad de fabricación resulta benéfica en cuestiones de entropía ya que un producto de mejor calidad que ocupa insumos similares en su producción alargará el tiempo en que se tenga que reproducir este mismo producto llevando a un ahorro energético real. Éste tema resulta clave para alcanzar un desarrollo sustentable; un producto por ejemplo un automóvil, solo debe de ser sustituido por uno nuevo en el momento

²⁷⁹ Los cambios en los insumos son de gran importancia en nuestro análisis aunque por el momento los consideramos como productos parte de un sistema.

en que exista un cambio tecnológico lo suficientemente profundo como para que el cambiar de modelo signifique que el nuevo causará una menor contaminación y entropía por su utilización descontando la contaminación y entropía que se provocó al fabricarlo más la cantidad de contaminación que se requiere para mantener el auto anterior. De la misma forma podemos hacer comparaciones entre maquinaria y equipo de todo tipo. A su vez se deben de regular las políticas de calidad de la empresa y sancionar a aquellas que abiertamente apliquen la obsolescencia planeada de sus productos. Esto solo podría ser debatible en el sentido en que el producto se convierta en ineficiente, por lo tanto la vida del producto debe de ser suficientemente larga para que este cumpla su objetivo de una forma eficiente; determinada por el costo de producir el nuevo producto con la eficiencia que este nuevo represente²⁸⁰; dejando abierta la posibilidad a que el viejo producto pueda ser reciclado y reutilizado en la forma mas conveniente posible, los pensamientos de la teoría del “*Cradle to Cradle*” de Braungart y McDonough, abordan ampliamente estos temas²⁸¹ estableciendo bases de diseño de los productos para la sustentabilidad. Así, si se complementa la fabricación de calidad con una producción con tecnologías ambientales cambiando insumos y procesos de producción en aras del desarrollo sustentable, se tendrá una aproximación básica al desarrollo sustentable, relativamente fácil de acoplar al sistema económico existente²⁸² y a su vez a las preferencias de los agentes económicos haciendo la transición suavemente.

²⁸⁰ El cambio de productos debe de realizarse ante una eficiencia real , por ejemplo si un carro da un promedio de 10 k/l y tiene una vida esperada de 30 mil kilómetros y se cambia a los 10 mil kilómetros por un vehículo con un consumo de 12 k/l que durará 20 mil kilómetros y costara en fabricar aproximadamente 10mil kilómetros en energía, existe una perdida de energía por lo que un producto que aparenta ser más eficiente que otro en realidad no lo es.

²⁸¹ De la Cuna a la Cuna, es una teoría que se basa en que la producción de cualquier bien tiene que estar reorientada desde un comienzo hacia la sustentabilidad tomando en cuenta el ciclo de vida del producto de la cuna a la cuna.

²⁸² Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, el desarrollo económico es necesario, incluso el crecimiento económico es necesario en un primer escenario para llevar a una equidad entre las sociedades, si este crecimiento solo será admisible para un desarrollo sustentable si se presenta acompañado de tecnologías ambientales.

4.2.3) La Tecnología Sustentable: ¿Cambio Radical o Marginal para un desarrollo sustentable?

a) Cambios Radicales:

Los cambios radicales han tomado algunas características similares a lo largo del tiempo, desde el descubrimiento de la pólvora en China en el siglo XI hasta los procesos de fisión nuclear a mediados de siglo pasado; estas características son que se han logrado extraer grandes cantidades de energía de medios mucho más accesibles de obtener, la energía que se requería para instalar un molino hidráulico en el siglo I a.C. era muchísimo menor a la energía que este transformaría moliendo granos; de la misma forma la energía que se requiere para extraer y refinar la gasolina es muchísimo menor a la energía que obtenemos al comprimirla y quemarla. Por lo tanto podemos decir que los cambios radicales en la tecnología han estado generalmente asociados directamente por la capacidad que tiene la tecnología para cambiar los estados de la energía ha estados mas dispersos; entonces si la tecnología sustentable busca lo contrario ¿Cómo puede convertirse en una innovación radical? Sí, los sistemas de tecnología sustentable no pueden ser una innovación radical en términos de la economía ortodoxa establecida en la sociedad, es por que estos no reflejan en primera instancia un beneficio económico como el que reflejo la maquina de vapor o la gasolina en su tiempo basados en la disipación de energía, en parte por la falta de información, los costes del deterioro ambiental son tan difícil de calcular en forma macroeconómica que en forma microeconómica resultan en la mayoría de los casos de baja o nula consideración para los individuos. Probablemente ya esté de mas decir, que la respuesta es cambiando la percepción de las ganancias de la sociedad, así como una innovación radical es activada por el sentido que generara ganancias extraordinarias, la tecnología sustentable generará las ganancias extraordinarias no solo a corto, sino a largo plazo. Por lo tanto la meta es hacer que la tecnología ambiental sea la nueva revolución tecnológica que cambie el paradigma socioeconómico, el cambio en este paradigma proporcionará la apertura de ventanas de oportunidades, llevando a un proceso acelerado de transformación económica, una destrucción creativa que sería capaz de llevar a un

desarrollo sustentable. El diseño de tecnologías ambientales junto con el diseño de teorías de la tecnología sustentable, deberán ser los principales actores en esta nueva racionalidad económica responsable de una “primera revolución industrial hacia la sustentabilidad”.

a) Cambios Marginales:

Los cambios tecnológicos marginales de un sistema de tecnología ambiental o sustentable al igual que en la tecnología convencional, pueden transferirse a otro sistema para continuar con la evolución; para el caso de los automóviles eléctricos la necesidad de recorrer mayores distancias causó una transferencia de tecnología del sector de las aplicaciones eléctricas portátiles como ordenadores portátiles y teléfonos de baterías de Ion de Litio²⁸³ este subsistema tecnológico de baterías de Ion de Litio surgió en la industria automotriz por lo cual los demás subsistemas automotrices de almacenamiento de baterías y de control de carga tuvieron que evolucionar para la nueva tecnología. Los cambios marginales son los que se ocupan de la mayor parte del progreso tecnológico al perfeccionar las tecnologías ya que el cambio tecnológico es un continuo proceso de evolución más que un cambio radical, si un cambio radical es un cambio deseable en torno al desarrollo sustentable, éste no se podrá dar si no hay cambios marginales que lleven al descubrimiento de una tecnología que pueda representar dicho cambio. Por ejemplo; el aumento en la eficiencia de los paneles solares es probablemente (o por lo menos debería ser) la próxima tecnología clave para activar el desarrollo sustentable, sin embargo esta tecnología lleva teniendo cambios marginales desde su descubrimiento hace mas de cien años; por lo tanto son necesarios tanto los cambios marginales, como los cambios radicales tecnológicos para el desarrollo sustentable.

²⁸³ La batería de iones de litio, también denominada batería Li-Ion, es un dispositivo diseñado para almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito, una sal de litio que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo.

4.2.4) La Difusión de las Tecnología Ambiental y Sustentable.

Como se describía en el primer capítulo Mansfield²⁸⁴ determina diversos factores fundamentales del grado de difusión de una tecnología que podemos tomar aplicables para las tecnologías sustentables:

-El grado de maximización de beneficio que representa la técnica nueva en comparación con la anterior. Para la Tecnología Ambiental este grado deberá ser determinado tomando en cuenta las nuevas ventajas ambientales. Para la tecnología sustentable se deberán tomar en cuenta las diferencias en la disipación de energía.

-El grado de incertidumbre de los resultados de la aplicación de una nueva tecnología. Entre más probada este la tecnología y entre exista en general garantías de su funcionamiento conocidos por el usuario potencial más fácil será esta de difundir. Por lo que entre más se utilice y difundan las tecnologías sustentables más rápidamente cambiará éste grado de incertidumbre; que es considerablemente elevado para las tecnologías sustentables.

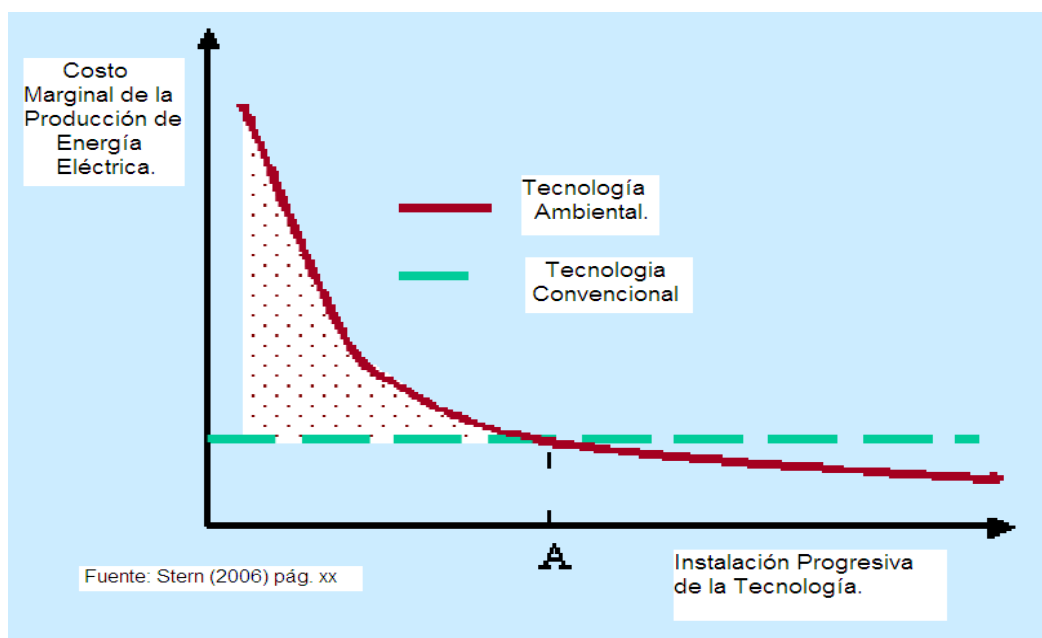
Parece claro que la Tecnología Ambiental y sobre todo la Tecnología Sustentable tendrán procesos de difusión muy distintos a los de la Tecnología Convencional , pero si se supone por ejemplo que solo es comercializable la Tecnología Sustentable , estos mismo preceptos de Mansfield resultan entonces muy bien acoplables a la teoría , sin embargo si se encuentran varios tipos de tecnologías en el mercado , la acción inicial de Estado se ve como necesaria para lograr la pronta difusión de la tecnología sustentable. Estos conceptos ortodoxos si en cierta forma cambian para la tecnología sustentable en sí, muestrab una tendencia un tanto clara en torno a la forma que la tecnología deberá de vencer barreras conceptuales teóricas muy fuertes para presentarse ante el sistema como la mejor opción para el desarrollo.

²⁸⁴ Ibidem, pág. 88

Conclusiones

a) Tecnología Sustentable para el Desarrollo Sustentable:

El deterioro ambiental es un hecho documentado al igual que los efectos adversos que puede tener este sobre el desarrollo. El informe Stern establece que se debe de invertir un 1% del PIB actual en combatir este cambio climático mediante la reducción de la emisión de gases contaminantes a la atmosfera lo cual resultará beneficioso no solo en el largo plazo sino que también en el corto y mediano plazo; el informe dice “la transición a una economía baja en carbono llevara consigo retos de competencia y oportunidades de crecimiento²⁸⁵” así podemos ver que el Informe propone la aplicación de tecnologías ambientales; tecnologías que “la experiencia ha demostrado que el coste de las tecnologías se reduce con la experiencia y con su uso a gran escala²⁸⁶. En la siguiente **gráfica 4.3**, tomada justamente del Informe Stern se ilustra este punto, siendo que el Punto “A” representa el estado de la tecnología actual, conforme exista una mayor instalación de la nueva tecnología ambiental los costos de producción de energía tenderán a reducirse.



Gráfica 4.3

²⁸⁵ Ibídem pág. vi

²⁸⁶ Ibídem pág. xx

En cierta forma estas nuevas oportunidades pueden ser ventanas de oportunidades dentro del cambio de paradigma socioeconómico ante la tecnología por lo tanto puede existir un “*caching up*” por parte de los países subdesarrollados que no debe de ser pasado por alto por los mismos.

De igual forma la evolución de los sistemas tecnológicos sustentables dentro de una economía que busque la sustentabilidad; puede verse acelerada por que la estimación de la sustentabilidad a pesar de que sea incorrecta entre más se piense que esta pueda ser incorrecta,²⁸⁷ más se acelerará el proceso de evolución tecnológica hacia una baja entropía. Sí ésta tecnología de menor entropía siguiera representando un trabajo igual al de la tecnología anterior (mayor eficiencia termodinámica) esto llevaría a un mayor estado de desarrollo sustentable.

A su vez si dicha tecnología propiciará un aumento de los ingresos de la población por la aplicación de la curva ambiental de Kuznetz²⁸⁸ se puede estimar que la evolución eficiente de la tecnología llevaría a una concientización mayor de la población acercándose a la nueva racionalidad económica y productiva propuesta por Leff, lo que aunado a los términos de evolución marginal de los sistemas tecnológicos, a su vez empuja a la tecnología a ser más eficiente, circulando en lo que podría ser una espiral positiva de desarrollo tecnológico incidente en el desarrollo sustentable²⁸⁹.

La tecnología Sustentable al lograr una eficiencia mayor en los procesos termodinámicos a la vez de permitir un desarrollo económico (sustentable) permite superar las teorías del “pasar con menos” y del “decrecimiento económico”; dependiendo del grado de eficiencia logrado con la tecnología y las modificaciones a la sustentabilidad estimada puede ser posible y más conveniente para el desarrollo sustentable utilizar tecnologías que en un comienzo que puedan ser relativamente menos eficientes termodinámicamente que aquellas que

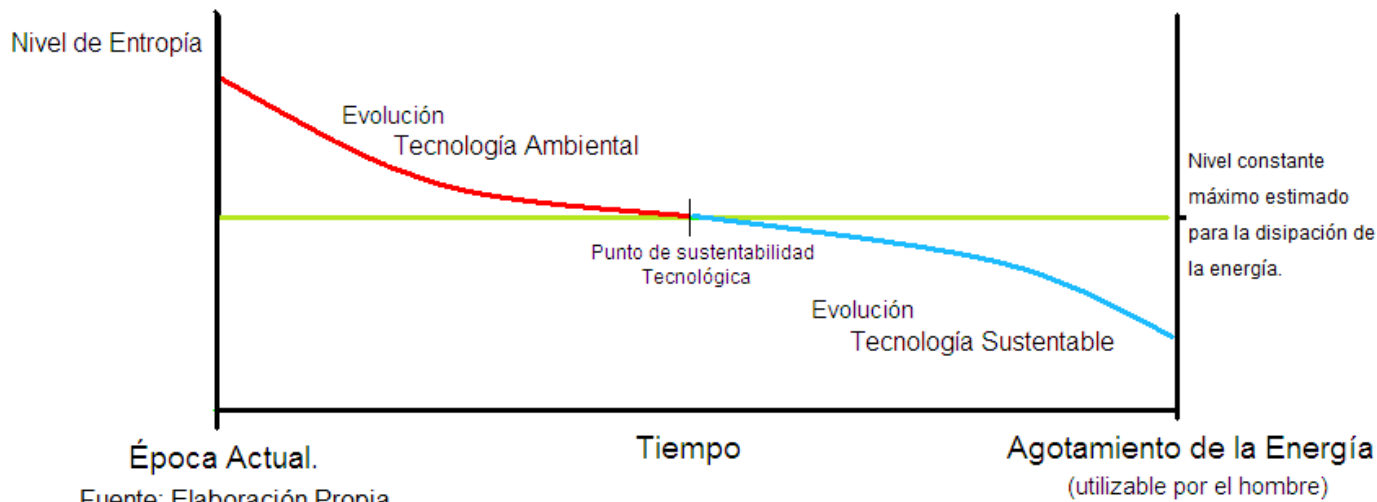
²⁸⁷ La sociedad cambie su visión hacia una mayor sustentabilidad.

²⁸⁸ Véase el primer capítulo, apartado 1.2.1

²⁸⁹ Suponiendo a su vez que la población ya ha superado un estado medio de ingreso.

representen la máxima eficiencia termodinámica en el cálculo del desarrollo sustentable, esto es; que se deben utilizar tecnologías sustentables ambientales que busquen mediante un nuevo análisis del desarrollo, un desarrollo sustentable.

Como vemos en la siguiente representación **gráfica 4.4** para propósitos puramente ilustrativos, se traza un nivel máximo de entropía marginal que sería equivalente a un nivel máximo de extracción de energía en el cual se garantiza una distribución equitativa entre un número estimado de generaciones a largo largo del tiempo (parecido al precio neto de Hotelling). Sin embargo ante la expectativa de mejora tecnológica, es posible y esperado que se reduzca el nivel marginal de entropía paulatinamente al aumentar la eficiencia de la tecnología; siendo dicha tecnología ideada para el desarrollo sustentable y suponiendo su continua evolución se podría inferir; que es posible, partir de tecnologías con un nivel de disipación energética mayor al máximo estimado (curva roja) siendo que la misma evolución de la tecnología permitirá el desarrollo, incluso a niveles de disipación energética menores al máximo estimado (curva azul), acorde a la evolución tecnológica con aras a que el progreso tecnológico permitirá reducir más allá del promedio pasando un cierto punto (donde la curva de tecnología roja termina y comienza la curva azul) así compensando este aumento inicial dando como resultado un nivel de progreso tecnológico mucho mayor que el que se lograría reduciendo los niveles de entropía inmediatamente. En las curvas se supone que la cantidad de trabajo producido por las maquinas es constante dando como resultado posible un mayor nivel de vida y de aprovechamiento de la energía restante. Podemos entonces decir que la tecnología que tienda hacia el nivel máximo de entropía marginal la podremos llamar progresivamente tecnología ambiental y la tecnología que se establezca a partir de este punto y que vaya aumentando la eficiencia termodinámica como Tecnología Sustentable.



Gráfica 4.4

Las implicaciones de esta aseveración sirven para atacar el problema del subdesarrollo²⁹⁰, para los países en los que no se ha dado un desarrollo económico necesario para que la población pueda iniciar un proceso de desarrollo sustentable es necesaria la aplicación inicial de tecnologías ambientales de mayor entropía que les permitan alcanzar niveles de desarrollo humano semejantes a los de los países desarrollados (indiscutiblemente con patrones de producción y consumo muy diferentes). Por lo tanto para mantener niveles de entropía concordantes es necesario que unos países adopten tecnologías mucho más eficientes que otros, los más desarrollados tecnologías más sustentables que los países subdesarrollados, política que a su vez permitiría que los países desarrollados experimentaran y fomentaran la evolución de las tecnologías para que se pudiesen transmitir a los países en subdesarrollados: al cabo de un tiempo, cerrando probablemente de una buena manera la brecha tecnológica existente entre los países. Sin embargo este tema de quien tiene que utilizar y desarrollar que tecnología, suele ser el causante de que no se lleguen a acuerdos entre los países en cuanto al cambio climático debido a que la contaminación actual se debe en buena parte al crecimiento que los países industrializados generaron para su propio crecimiento por lo que para países como China parece justo utilizar la

²⁹⁰ Aunque no es el propósito de este trabajo.

misma dinámica de crecimiento hasta llegar a un punto equitativo. Autores como Martínez Alier y Schlupmann, describen que querer dictarle a los países en desarrollo que a pesar de también sufrir las consecuencias del cambio climático deben de desarrollarse sin contaminar merece una satírica carcajada de los campesinos pobres chinos²⁹¹; es la posición que justamente hay que evitar, la cooperación debe de ser entre todos los países para que se logre un desarrollo sustentable; en sí, los países en desarrollo deben de utilizar tecnologías ambientales ya que de otra forma su propio desarrollo a futuro quedará comprometido.

b) Una nueva Teoría:

El desarrollo de una teoría de la tecnología sustentable representa un reto que primeramente consistirá en lograr una estimación mas adecuada del proceso de desarrollo sustentable, basando este proceso en el cambio tecnológico endógeno. La aplicabilidad de la tecnología sustentable como es descrita en la gráfica 4.4, en el corto y mediano plazo puede ser casi imposible, por lo tanto es necesario utilizar la tecnología ambiental paulatinamente hasta que ésta evolucione al grado de tecnología sustentable; la utilización de estas tecnologías ambientales en pro de la sustentabilidad (si son estáticas) representará grados lejos del óptimo de extracción; pero si tenemos expectativas positivas en cuanto al desarrollo de la tecnología sustentable a partir de la tecnología ambiental como veíamos en la gráfica 4.4, el proceso de evolución tecnológica iniciado con tecnologías ambientales que busquen la sustentabilidad será compatible y necesario con el desarrollo sustentable.

La teoría Ortodoxa por si sola, como hemos visto a lo largo del trabajo, sí nos muestra una visión lógica y coherente de alguna realidad, su visión no presenta un panorama lo suficientemente extenso y dinámico que se asemeje más a los procesos físicos de los recursos naturales y a los procesos económicos inherentes al cambio tecnológico. Dándonos como resultado una aproximación

²⁹¹ Martínez Alier y Schlupmann (1991) pág. 51

teórica que en buena medida es incapaz de hacer un análisis de desarrollo de acorde con los preceptos del desarrollo sustentable en especial para el caso para el caso del desarrollo de una teoría de la tecnología sustentable. En base a lo anterior podemos poner énfasis en el siguiente problema fundamental, la economía ortodoxa tiene un ciego determinismo tecnológico.

-El ciego determinismo Tecnológico:

La teoría económica ortodoxa desde su concepción tecnológica asume que esta es capaz de en algún punto generar cualquier producto con cualquier insumo (capaz de generar lo que sea); si por un lado no es posible negar esta afirmación al no conocer el futuro del progreso técnico, si es posible ver que las leyes de la termodinámica deberán seguir siendo validas a pesar de cualquier esfuerzo tecnológico, como los principios de la segunda ley acerca de la irreversibilidad y del imposible movimiento perpetuo, por lo que hay recursos que por más que intente el hombre crear con la tecnología es muy probable que jamás podrán ser reproducibles y si lo llegasen a ser, sin duda no será de una forma eficiente. Por lo tanto no es posible seguir las aseveraciones de Solow y en general aceptadas por la teoría ortodoxa de que la perdida de capital manufacturado sea probablemente igual a la perdida de capital natural; en este sentido debido a que el capital manufacturado es conocido y reproducible y en cambio los recursos naturales no son todos reproducibles ni todos conocidos.

El análisis tecnológico ortodoxo a su vez se basa en la premisa de que la tecnología es un proceso inexplicado endógeno al sistema económico en el cual solo observamos los insumos que entran y los productos que salen; el no analizar las implicaciones de esta caja negra lleva a los que se refiere Rosenberg de estar poniendo en escena la obra Hamlet sin el príncipe.²⁹² Por eso mismo es que pone énfasis en un progreso tecnológico “ciego” desde la teoría ortodoxa, ya que a pesar de que el progreso tecnológico pudiese algún día alcanzar la sustituibilidad de factores la economía ortodoxa no parece haberse encargado de ver si tan siquiera esto fuera posible. Estas concepciones simplistas en sus análisis

²⁹² Rosenberg (1992) pág. 10

estáticos y exógenos de los efectos de aplicaciones tecnológicas, pueden haber en gran medida, por su influencia en las políticas de desarrollo, ser causantes del deterioro ambiental evidente en la actualidad.

-Hacia una síntesis de las teorías:

El llamado ciego determinismo tecnológico es una de las principales causas por las cuales se rechaza que la visión ortodoxa por si misma pueda alcanzar una interpretación adecuada del desarrollo sustentable; sin embargo un problema de este enfoque que no es nuevo y se debe mencionar es el de la visión en cuanto a los precios como indicador económico por excelencia, La concepción crematística de todos los procesos para incluirlos en un sistema económico también aparece como una limitación , los intentos de autores como Podolinsky de acercar la economía a términos energéticos lamentablemente no trascendieron para formar parte de la teoría económica ortodoxa, la economía ortodoxa debería de medir las implicaciones del uso de tecnologías que hagan más eficiente la utilización de la energía , como vimos antes la ideología en cuanto al desarrollo va en sentido contrario; el hecho de que los países con mayores índices de entropía son aquellos que han alcanzado un mayor desarrollo es contrario a los preceptos ecológicos y de desarrollo sustentable. Podemos decir que es necesario que la economía ortodoxa tenga un replanteamiento que le permita incluir en su análisis estas variables para así poder llegar a una estimación más realista de lo que debe de ser el desarrollo sustentable, solo después de esto será posible que se desarrolle una teoría económica de la tecnología sustentable. La tecnología es capaz de alcanzar grandes cosas; sí, es cierto y puede que la economía ecológica cometa errores a menospreciarla, como vimos anteriormente se considera en este trabajo que el crecimiento y el desarrollo sustentable son posibles gracias al progreso técnico y a su vez éste es necesario para el desarrollo sustentable pero solo si se da una interpretación adecuada de el propio desarrollo sustentable. La paradoja de Jevons que se discutía en el segundo capítulo resulta como una arma de doble filo en cuanto a la tecnología sustentable , ya que ésta al estar basada sobre una racionalidad distinta a la económica no necesariamente implica una

mayor producción ante una mayor eficiencia, pero si significa una mayor evolución ante una mayor utilización.

-De regreso a la hipótesis:

La economía ha evolucionado a lo largo de los años de diversas formas en su conceptualización de la tecnología y de los recursos naturales, para obtener una teoría plausible de la tecnología sustentable es necesario un análisis dinámico de los procesos mundiales tanto materiales como económicos. La teoría evolucionista de la tecnología junto con la Economía Ambiental y Ecológica nos presentan el panorama más rico para la constitución de una teoría sobre la tecnología sustentable. Dentro de los análisis hechos es importante enfatizar que por cuestiones teóricas y con objetivos de comparación con las reglas de extracción se realiza una abstracción a términos energéticos, pero es preciso aclarar que el estudio de la tecnología sustentable esta lejos de solo enfocarse en las cuestiones energéticas como escribieran Martínez Alier y Schlupmann²⁹³. No debemos de caer en el mismo error de la economía ortodoxa; así como no todo puede ser contabilizado en precios tampoco lo puede ser en términos de energía. Así debemos regresar a nuestra hipótesis planteada en el prefacio de este trabajo, esta hipótesis planteaba de que la visión ortodoxa económica con respecto a la naturaleza y la visión económica ortodoxa de la tecnología probablemente no sean las mejores herramientas para desarrollar una teoría de la tecnología sustentable se acepta, siendo una de las principales causas el ciego determinismo tecnológico de la teoría ortodoxa; sin embargo se acepta de una forma no tan radical como el lector se imaginaría. La economía ortodoxa en su visión natural como tecnológica, es ampliada y modificada por la Economía Ambiental y Ecológica así como por la teoría evolucionista, teorías que no generan un rompimiento tan dramático como se suele pensar, la teoría ortodoxa ampliada resulta necesaria para lograr una estimación del desarrollo sustentable, es necesario desarrollar una tecnología sustentable estimada para llegar a desarrollar una teoría de la tecnología sustentable. Para que esta aproximación sea lo más cercana a la realidad

²⁹³ Martínez Alier y Schlupmann (1991) pág. 10

debemos utilizar las herramientas construidas para la interpretación de este desarrollo , como el Índice de Desarrollo Humano ajustado a la desigualdad y la Huella Ecológica, a su vez parece que la economía ortodoxa de los recursos naturales al igual de la tecnología son herramientas fundamentales para alcanzar este objetivo.

Así el desarrollo de una teoría de la tecnología sustentable desde una visión de la Economía Ortodoxa, Ambiental, Ecológica y Evolucionista; tomando en cuenta indicadores como el indicador Z, la huella ecológica y el Índice de Desarrollo Humano ampliado a la desigualdad, nos permitirá realizar estimaciones más adecuadas del desarrollo sustentable. Un desarrollo sustentable estimado más completo nos podrá llevar a la creación de políticas más adecuadas para el desarrollo sustentable dentro de un nuevo paradigma tecno económico; el de la Tecnología Sustentable. Estas políticas deberán de enfocarse en lograr una aplicación y evolución de las tecnologías ambientales actuales para convertirlas en tecnologías ambientales enfocadas hacia una nueva estimación la sustentabilidad, que algún día podrán ser tecnologías sustentables. Tecnología que deberá conservar el acervo de recursos, servicios y diversidad natural extrayéndolos solo a la tasa que permitiendo su recuperación total. Esta tecnología al superar la tasa de extracción óptima estimada en la gráfica 4.4, deberá igualar esta superación de los niveles de entropía, con la velocidad del progreso tecnológico en aras de alcanzar la tecnología sustentable lo que puede no ser tan difícil de lograr si se incluye más energía al sistema cosechando la que es reflejada al sol. Permitiendo gracias al excedente de energía el desarrollo sustentable equitativo entre las naciones. Así podemos concluir que la Economía Ortodoxa de los recursos naturales complementada con la Economía Ambiental y con la Economía Ecológica permitirá hacer una estimación más adecuada de lo que es el desarrollo para fijar una meta, la del desarrollo sustentable. A su vez la teoría ortodoxa de la tecnología junto con la teoría evolucionista de las mismas, permitirá desarrollar un panorama más amplio en cuanto a las tecnologías y sus implicaciones sociales y económicas dando una herramienta teórica fundamental para llegar a la meta

establecida del desarrollo sustentable, la Tecnología Sustentable. Por lo tanto esta síntesis teórica dará como resultado una conceptualización hacia el establecimiento de una teoría de la tecnología sustentable que probablemente establezca a la tecnología como la causante fundamental (pero sin duda no la única) de conducir la actividad económica hacia el desarrollo sustentable.

Epilogo.

El lector probablemente se preguntará; si el problema es el nivel de entropía en un sistema cerrado, hay que abrir el sistema. ¿Por que la tecnología no encuentra otras formas de incluir energía al sistema? Suponiendo que esta tecnología debiese mantener los niveles de entropía en la tierra, no tendría más solución que recurrir a insertar más energía en el sistema para lograr un desarrollo con crecimiento económico parecido (más no idéntico) al que se ha venido utilizando. La única forma de insertar energía extra al sistema es aprovechando aquella que es reflejada al espacio por la tierra. Como describe Peet²⁹⁴ de los aproximadamente 180 petawatts que recibe diariamente, la tierra refleja de regreso al espacio 36% de la energía de la luz solar, 30% es reflejada por la atmosfera y el 6% restante es energía reflejada completamente por la superficie de la tierra al espacio de donde nunca más podrá ser parte del sistema. Este 6% representa alrededor de adicional de energía solar absorbido incluso a una tasa actual de los paneles fotovoltaicos de alrededor del 12% de eficiencia, podrían generar alrededor de 1 petawatt de energía por día. Este petawatt equivalente a 1,000,000,000,000 kilowatts o un billón de kilowatts más o menos el estimado de utilización actual de energía en el mundo según la “escala de Kardashev”²⁹⁵, por lo tanto, éste excedente probablemente sería capaz de desarrollar a las naciones subdesarrolladas hasta un estado equitativo, cierto punto donde después se pudiese usar esta energía para incluso un crecimiento económico casi ortodoxo. Sin querer convertir este trabajo en ciencia ficción la propuesta sería cosechar la energía que es reflejada de la superficie terrestre mediante su transformación en energía eléctrica, el uso de paneles solares de salida directa (abastecen directamente a la red eléctrica) es la tecnología sustentable más eficiente para el desarrollo que existe actualmente²⁹⁶ Con esta introducción de energía en el sistema la Regla Solow-Hartwick de la que hablábamos en las paginas anteriores se extendería por muchos millones de años.

²⁹⁴ Véase Peet (1992) pág. 7 - 8

²⁹⁵ Que es equivalente a la energía total utilizada por un planeta avanzado. Véase Galantai (2004) pág. 84-86

²⁹⁶ Por lo menos desarrollada.

Bibliografía

- Alchain (1950) – Armen A. Alchain, “Evolution and Economic Theory” Journal of Political Economics, Volumen 58, Chicago, Junio 1950.

- Adelman (2002) – Irma Adelman, “Las Falacias de las Teorías del Desarrollo y sus Implicaciones en Política”, En “ Fronteras de la Economía del Desarrollo: El Futuro en Perspectiva, Gerald M Meier, Josep Stiglitz, Banco Mundial y Oxford University Press, Washington D.C, 2001

- Brundtland (1988) – Gro Harlem Brundtland (Presidente comisión), “Nuestro Futuro Común” Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, Alianza, Madrid, 1988.

- Boulding (1965) - Kennet E. Boulding, “Earth as a Space Ship”, Washington State University, Washington, 1965.

- Carmona (1992) – Antonio M. Carmona, “Economía e Innovación”, Prensa y Ediciones Iberoamericanas, Madrid, 1992.

- Coase (1994) – Ronald H. Coase, “La Empresa, el Mercado y la Ley”, Alianza , Madrid, 1994.

- Common y Stagl (2008) – Michael Common y Sigrid Stagl, “Introducción a la Economía Ecológica”, Reverté , Barcelona, 2008 .

- Constanza (1989) – R Constanza, “What is Ecological Economics?” , Ecological Economics , Numero 1 , 1989.

- Corona (2002) – Leonel Corona Treviño, “Teorías Económicas de la innovación tecnológica”, Ciudad de México, Instituto Politécnico Nacional, 2002.

- Cuerdo y Ramos (2000) – Miguel Cuerdo, José Luis Ramos Gorostiza, “Economía y Naturaleza. Una historia de las ideas”, Síntesis, Madrid, 2000.

- Dosi (1982) – Giovanni Dosi, “Technological Paradigms and Technological Trajectories. A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change”, Research Policy, Noviembre, 1982.

- Dussel (1984) - Enrique Dussel, "Carlos Marx Cuaderno Tecnológico-Histórico", Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, 1984.

- EC-ETAP (2004) - European Commission "Stimulating Technologies for Sustainable Development: Environmental Technologies Action Plan for the European Union" Bruselas, 2004

- Engels (1978) – Federico Engels, "Dialéctica de la Naturaleza", Akal , Madrid , 1978.

- Galántai (2004) – Zoltán Galántai, "Long Futures and Type IV Civilizations" Periodica Polytechnica, Volumen 12 numero 1, Budapest, 2004. Disponible en línea en: www.bme.hu/so/2004_1_06.pdf

- Georgescu-Roegen (1975) – Nicholas Georgescu-Roegen, "Energía y Mitos Económicos" , El Trimestre Económico, Octubre-Diciembre 1975

- Georgescu-Roegen (1977) – Nicholas Georgescu-Roegen, "Inequality, limits and growth from a bioeconomic view point", Review of Social Economy, Num. XXXV, 1977

- Georgescu-Roegen (2007) – Nicholas Georgescu-Roegen , Óscar Carpintero, "Ensayos Bioeconomicos Antologia", Catarata , Madrid, 2007

- Grossman y Krueger (1993) – G. Grossman y A. Krueger, "Environmental Impacts of the North American Free Trade Agreement", MIT Press , Cambridge , 1993.

- Hardin (1968) – Garret Hardin, "The Tragedy of the Commons", Science Vol. 162 Núm. 3859, Nueva York, 1968.

- Hartwik y Oliwiler (1988) – John Hartwick y Nancy Olewiler , "The Economics of Natural Resource Use", Addison Wesley , 2 ed. Reading, 1998

- Hicks (1989) – John Richard Hicks, "Dinero, Interés y Salarios", Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica, 1989

- Hotelling (2003) – Harold Hotelling, "La Economía de los Recursos Naturales", Universidad de Colombia, Medellín, 2003

- IPCC (2007) – Intergovernmental Panel on Climate Change , “Summary for Policymakers”. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2 de Febrero del 2007.

- Keynes (1987) – John M. Keynes, “Teoría General de la Ocupación, el Interés y el Dinero”, Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, 1987.
- Leff (2005) – Enrique Leff Zimmerman, “Ecología y Capital: Racionalidad Ambiental, Democracia Participativa y Desarrollo Sustentable”, Sexta Edición, Siglo XXI – UNAM IISU, Ciudad de México, 2005.

- Malthus (1979) – Thomas R. Malthus, “Primer Ensayo Sobre Población”, Alianza, Madrid, 1979

- Mansfield (1968) - Edwin Mansfield, “*The Economics of Technological Change*”. Norton, Nueva York, 1968.

- Mansfield (1971) - Edwin Mansfield, “Technological Change. An introduction to a vital area of modern economics”, Norton, Nueva York, 1971.

- Martinez Alier y Schlupmann (1991) – Joan Martinez Alier y Klaus Schlumpmann, “La Ecología y la Economía”, Fondo de Cultura Económica , Ciudad de México, 1991.

- Marx (1972) - Karl Marx, “Elementos Fundamentales para la Critica a la economía Política”, Madrid, Siglo XXI ,1972.

- Marx (1982) - Karl Marx, “Progreso técnico y desarrollo capitalista”, México, siglo XXI 93 cuadernos de pasado y presente, 1982.

- Meadows (1972) – Donella Meadows (coord.), “Los límites del crecimiento”, Fondo de Cultura Económica, México, 1972.

- Meadows (1992) – Donella Meadows (coord.), “Mas allá de los limites del Crecimiento”, El País Aguilar, Madrid, 1992.

- Mill (1985) – Johan Stuart Mill, “Principios de Economía Política”, Fondo de Cultura Económica, México, 1985.

- Naredo (2003) – José Manuel Naredo, “La economía en evolución. Historia y categorías básicas del pensamiento económico”, Siglo XXI, Madrid, 2003, 3ra ed.

- Nelson y Winter (1977) – R. Nelson y S. Winter, “In Search of a Useful Theory of Economic Change”, en Reseach Policy num. 6, 1977.
- OCDE (1972) - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, “Recommendation of the Council on Guiding Principles concerning International Economic Aspects of Environmental Policies”, 27 Mayo de 1972 Disponible en línea en: <http://www.cinesin.org/docs/008-574.html>
- Pearce y Turner (1995) – David W. Pearce y R. Kerry Turner, “Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente”, Celeste, Madrid, 1995.
- Pearce y Atkinson (1993) – David W. Pearce y G Atkinson, “Capital Theory and Measurement of the Sustainable Development: An Indicator of Weak Sustainability”, Ecological Economics, numero 8, 1993.
- Peet (1992) – John Peet, “Energy and the Ecological Economics of Sustainability”, Island Press, Washington, 1992
- Pérez (1992) – Carlota Pérez, “Cambio Técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo”, El trimestre Económico, Volumen LIX, numero 233, Enero-Marzo, 1992.
- Pérez (2002) – Carlota Pérez, “Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y sus épocas de bonanza.” Siglo XXI, Ciudad de México, 2002.
- Pigou (1950) – Arthur C. Pigou, “The Economics of Welfare”, Mcmillan, Londres, 1950.
- PNUD (2010) – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, “Informe sobre el Desarrollo Humano 2010, Edición del Vigésimo Aniversario: La verdadera riqueza de las naciones: Caminos al Desarrollo Humano.” PNDU, Mundi – Prensa, Nueva York, 2010. Disponible en línea en: http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2010_ES_Complete_reprint.pdf
- Porter (1995) - Michael E. Porter , Class Van Der Linde, “Towards a new Conception of the Environment-Competitiveness Relationship” , Journal of economic perspectives ,Volumen 9, 1995 .

- Ricardo (1985) – David Ricardo, “Principios de Economía Política y Tributación”, Orbis, Barcelona, 1985.

- Romero (1994) – C. Romero, “Economía de los Recursos Ambientales y Naturales, Alianza, Madrid, 1994.

- Rosenberg (1992) – Nathan Rosenberg, “Progreso Técnico: El análisis histórico”, Madrid, Oikos-tau, 1992.

- Rosenberg (1982) – Nathan Rosenberg. “Inside the Black Box: Technology and Economics”, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.

- Sagasti (1981) – Francisco R. Sagasti, “El Factor Tecnológico en la Teoría del Desarrollo Económico”, Jornadas 94, Ciudad de México, El Colegio de México, 1981.

- Schmookler (1966) – Jacob Schmookler, “Invention and Economic Growth”, Harvard University Press, Cambridge, 1966-

- Smith (2005) – Roberth Leo Smith, “Ecología”, Cuarta Edición ,Pearson , Madrid 2006

- Solow (1957) – Robert Solow, “Technological Change and the aggregate production function”, Review of economics and Statistics, Agosto 1957.

- Solow (1974) – Robert Solow, “Intergenerational Equity and Exhaustible Resources” en Review of Economic Studies Symposium. Disponible en línea en http://stephensschneider.staford.edu/publications/pdf_papers/Solow1974a.pdf

- Stern (2007) – Nicholas Stern, “The Stern Review on the Economics of Climate Change”, Cambridge University Press, Cambridge, 2007. Disponible en línea en www.sternreview.org.uk/sternreview_report_complete.pdf

- Targetti (1992) – Ferdinando Targetti, “Progreso Técnico: El enfoque económico”, Madrid, Oikos-tau, 1992.

- Vence (1995) - Xavier Vence Deza, “Economía de la Innovación y del cambio tecnológico”, Madrid, siglo XXI, 1995.

- Vergara (1989) – José María Vergara, “Ensayos Económicos sobre innovación tecnológica”, Madrid, Alianza, 1989.

- Vertíz (2007) – Iván A. Vertíz Maldonado, *“Metodología para la transferencia de tecnología como plataforma de innovación”*, IPN-ESIME, Ciudad de México, 2007.

- Wilson y Buffa (2003) – Jerry D. Wilson y Anthony J. Buffa, *“Física”*, Quinta Edición, Pearson, Ciudad de México, 2003.

- WWF (2006) – World Wildlife Fund, *“Living Planet Report 2006”*, Bason, Cambridge, 2006.

Disponible en línea en :

http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/living_planet_report_timeline/lp_2006/

-GFNSC (2009) – Global Footprint Network Standards Committee, *“Ecological Footprint Standards 2009”*, Global Footprint Network, Oakland, 2009.

Disponible en línea en :

http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological_Footprint_Standards_2009.pdf

-WWF (2010) - World Wildlife Fund, *“Living Planet Report 2010: Biodiversity, Biocapacity and Development ”*, ArthurSteenHornAdamson, Gland, 2010.

Disponible en línea en:

http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/2010_lpr/