

CAPÍTULO II

MODELANDO LA SOSTENIBILIDAD

2. MODELANDO LA SOSTENIBILIDAD

Tras definir el desarrollo sostenible desde diversos puntos de vista es necesario plasmar estas ideas en unos modelos teóricos que puedan ser aplicados en la práctica.

Los modelos que aparecen a continuación abarcan las prioridades descritas en los apartados anteriores y pretenden ser nuevas políticas a desarrollar en todos los países.

2.1 Modelos Humanizados y Modelos Naturalizados

Ante la aparición del concepto de desarrollo sostenible, nacen una serie de corrientes críticas basadas en planteamientos económicos y políticos alternativos y/o con reivindicaciones ecologistas, sociales, humanistas... que dan lugar a diferentes modelos de sostenibilidad. A grandes rasgos, se pueden distinguir las versiones “humanísticas” y las versiones “científicas” como dos de las corrientes críticas más importantes que dan lugar a los modelos humanizados y naturalizados respectivamente.

Los *modelos de desarrollo humanizados* recurren a valores humanos (y algunas veces hasta sobrehumanos) y a la autoridad de la ética teórica (más o menos tradicional o actualizada, como en el caso de la ética ambiental) para avalar los modelos en cuestión y proponen, como salida de los problemas planteados por el desarrollo actual, la regulación ética conforme a normas y principios de orden filosófico con validez universal. Por tanto, los modelos humanizados de desarrollo, se centran de una manera casi exclusiva en los “agentes humanos” e insisten en la concienciación conforme a determinadas interpretaciones y cosmovisiones, y en el consiguiente seguimiento de determinados principios y normas éticas.

“Este modelo no cuenta con los “agentes materiales” del desarrollo. Prácticamente no se cuentan ni los procesos técnicos ni los entornos materiales y ambientales producidos por

una determinada cultura cuando, de hecho, son los que hacen de mediadores y estabilizan interactivamente la práctica humana y las formas de desarrollo propias de aquella cultura. Además, es notable el protagonismo que, de una forma más o menos explícita, se atribuyen a sí mismos los expertos en “humanidades” a la hora de llevar a la práctica el modelo citado” (Medina, M., 1997).

Por su parte, el *modelo naturalizado* proviene de las versiones científicas elaboradas en círculos académicos del campo de la economía y de la ecología. Son precisamente las teorías científicas las que avalan estos modelos, recurriéndose en este caso, en último término, a las ciencias naturales. De aquí pues, se puede hablar de un modelo de desarrollo naturalizado donde el intento de naturalización consiste en conceptualizar y fundamentar teorías económicas o sociales en términos de teorías de la física (aquí de la termodinámica) y, al mismo tiempo, dar por hecho que las ciencias físicas representan ciencias de la naturaleza, es decir, se considera que las leyes de la naturaleza por las que se debería guiar el desarrollo no son otras que las leyes de la física termodinámica.

Una vez aceptados los supuestos anteriores, la tarea de configurar un desarrollo sostenible correspondería, fundamentalmente, a los expertos con competencia científica en las disciplinas ecológicas científicas (se puede dividir entre los ecologistas científicos y los ecologistas humanísticos, con la única diferencia que los primeros, se refieran, ocasionalmente, con un cierto menosprecio a los activistas de la segunda como a “ecologistas”).

Por tanto, y en conclusión, con el modelo naturalizado, se pretende derivar, más o menos explícitamente, la legitimación de una política de regulación ecocrática del desarrollo a partir de la ecología y de la economía basadas en fundamentos teóricos de termodinámica.

DESARROLLO SOSTENIBLE	
VERSIÓN CIENTÍFICA	VERSIÓN HUMANISTA
BASADA EN LEYES CIENTÍFICAS DE LA NATURALEZA ↓ COMO PRINCIPIOS UNIVERSALES DE NECESIDAD CIENTÍFICA	BASADA EN VALORES HUMANOS Y EN INTERPRETACIONES NORMATIVAS ↓ COMO PRINCIPIOS UNIVERSALES DE NECESIDAD FILOSÓFICA
RECURRE A LA AUTORIDAD DE LA CIENCIA	RECURRE A LA AUTORIDAD DE LA ÉTICA TEÓRICA
PROPUGNA LA REGULACIÓN CIENTÍFICA	PROPUGNA LA REGULACIÓN ÉTICA
<u>MODELO NATURALIZADO</u>	<u>MODELO HUMANIZADO</u>
<u>MODELOS DE SOSTENIBILIDAD</u>	

Grafico 2.1. Modelos de sostenibilidad (Fuente Medina, 1997)

2.2 Modelo basado en la economía ecológica

Cuando se habla de sostenibilidad se presenta de inmediato la cuestión de los límites del crecimiento. El enfoque con el que Herman Daly afronta la cuestión pasa por la distinción entre desarrollo y crecimiento: “*Creecer* significa «aumentar naturalmente de tamaño con la adición de material por medio de la asimilación o el aumento». *Desarrollar* significa «expandir o realizar las potencialidades; llegar gradualmente a un estado más completo, mayor o mejor». Cuando algo crece se hace más grande. Cuando algo se desarrolla se hace diferente. El ecosistema terrestre se desarrolla (evoluciona), pero no crece. Su subsistema, la economía, debe finalmente dejar de crecer, pero puede seguir desarrollándose. El término «desarrollo sostenible» tiene por tanto sentido para la economía, pero sólo si se entiende como «desarrollo sin crecimiento»: es decir, la mejora cualitativa de una base económica física que se mantiene en un estado físico mediante un rendimiento de la materia-energía que está dentro de la capacidad

regeneradora y asimilativa del ecosistema. Actualmente, el término «desarrollo sostenible» se utiliza como sinónimo de «crecimiento sostenible». Y debe salvarse de esa pérdida.” (Daly,H.,1992)

Una vez definida la diferencia entre crecimiento y desarrollo, Daly asegura que no se puede crecer de manera sostenible aunque se tomen medidas ecológicas para minimizar el impacto inmediato del crecimiento, reforzando la idea anterior de límite de crecimiento: ”Ni siquiera un «crecimiento verde» es sostenible. Hay un límite en cuanto a la población de árboles que puede soportar la tierra, como hay un límite a la población de seres humanos y de automóviles. Engañarnos a nosotros mismos creyendo que el crecimiento sigue siendo posible y deseable tanto si lo etiquetamos como «sostenible» o lo coloreamos como «verde» tan sólo retrasará la transición inevitable, y la hará más dolorosa”. (Daly,H.,1992)

Aunque la imposibilidad de seguir creciendo pueda parecer un obstáculo al progreso y a la posibilidad de enriquecimiento, Daly explica que crecimiento y aumento de riqueza no tienen por qué ser sinónimos: ”En la mente de muchas personas, el crecimiento se ha convertido en sinónimo de aumento de la riqueza. Dicen que debemos crecer para ser lo bastante ricos como para permitirnos el costo de limpiar y curar la pobreza. Que todos los problemas son más fáciles de resolver si somos más ricos es algo que no se discute. La cuestión es si el crecimiento, en su margen presente, realmente nos hace más ricos. Hay pruebas de que en Estados Unidos nos hace ahora más pobres, pues los costos se incrementan más rápidamente que los beneficios. Dicho de otro modo, parece ser que hemos crecido más allá de la escala óptima.” (Daly,H.,1992)

Daly define la escala óptima en la que debemos mantenernos para conseguir un desarrollo sostenible. Este punto se caracteriza por ser aquel en el que los recursos naturales dan mayor rendimiento a largo plazo. “Nuestra intención no es mantener intacto el capital a cualquier nivel, sino a escala óptima. En el caso de los recursos renovables (bancos de pesca sujetos a captura, ganado, árboles, etc.), se sabe desde hace mucho tiempo que existe un tamaño de stock que permite obtener un rendimiento máximo por período de tiempo. Aun cuando este máximo biológico sólo coincide con el óptimo económico (que maximiza el beneficio) en el caso de costes constantes de recolección o captura, no parece que haya ninguna razón para no atenerse al criterio de

maximización del beneficio optando por niveles que mantengan intacto el capital natural. La maximización del beneficio anual sostenible no es lo mismo que la maximización del valor actual descontando costes y beneficios futuros. El criterio del valor actual es problemático desde el punto de vista de la sostenibilidad. Ésta es una cuestión que requiere ulterior investigación.”(Daly, H., 1991)

Además es importante entender que el capital artificial no puede sustituir al capital natural sino que lo complementa. “El capital natural, como fuente de materias primas y energía, es complementario del capital obra de los hombres. El capital natural, como receptáculo de los productos de desecho, es también complementario del capital obra de los hombres que genera esos desechos.

Una vez se acepta la complementariedad del capital natural y del que es obra de los hombres, se hace evidente que el desarrollo está limitado por aquel que existe en menor cantidad. En la pasada era de «economía en un mundo vacío» el capital obra de los hombres era el factor limitativo. Actualmente estamos entrando en una era de «economía en un mundo lleno», en la que el capital natural será cada vez más el factor limitativo. El desarrollo sostenible exige que el capital natural sea mantenido intacto“. (Daly,H.,1991)

La mejor manera de resumir el modelo de sostenibilidad que propone Herman Daly es citar los principios operativos que estableció para conseguir un desarrollo sostenible, o sea las reglas para la conservación del capital natural:

-“Principio de la irreversibilidad cero:

Reducir a cero las intervenciones acumulativas y los daños irreversibles.

- Principio de la recolección sostenible:

Las tasas de recolección de los recursos renovables deben ser iguales a las tasas de regeneración de estos recursos.

- Principio del vaciado sostenible:

Es cuasi-sostenible la explotación de recursos naturales no renovables, cuando su tasa de vaciado sea igual a la tasa de creación de substitutos renovables.

- Principio de la emisión sostenible:

Las tasas de emisión de residuos deben ser iguales a las capacidades naturales de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten estos residuos (lo cual implica emisión cero de productos no biodegradables)

- Principio de selección sostenible de las tecnologías:

Deben favorecerse las tecnologías que aumenten la productividad de los recursos (el volumen de valor extraído por unidad de recurso) ante las tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recursos (eficiencia frente a crecimiento).

- Principio de precaución:

Ante la magnitud de los riesgos a los que nos enfrentamos, se impone una actitud de vigilante anticipación que identifique y descarte de entrada las vías que podrían llevar a desenlaces catastróficos, incluso cuando la probabilidad de estos parezca pequeña y las vías alternativas más difíciles u onerosas.”(Ripa, I. ,1995)

Según Daly “para hacer operacional la sostenibilidad debe conseguirse el mantenimiento del capital natural, extender al máximo el fundamento de la renovabilidad a los recursos no renovables y definir el rendimiento sostenible contando con la capacidad de asimilación o regeneración de los ecosistemas utilizados. Un uso inadecuado o excesivo del medio ambiente puede superar los umbrales de sostenibilidad tanto por carencias en las entradas, es decir, por falta de capacidad de suministro de las fuentes de materias primas y energía, como por carencias en las salidas, es decir, por falta de capacidad de absorción de los residuos y aumento del calor residual”(Jiménez, J.L.,1996).

Si se aplican los conceptos de “entradas y salidas” de los flujos materiales y energéticos que mueven el sistema económico a los principios operativos que se han indicado, se obtienen además los tres siguientes:

-“Entradas: Fuentes de recursos renovables.

El ritmo o tasa de explotación no puede exceder la tasa de renovación y su uso debe ajustarse a la capacidad regenerativa del ecosistema suministrador. El uso sostenible de

un bosque se consigue con tasas de tala equivalentes a las tasas de renovación de los ecosistemas forestales.

- Entradas: Fuentes de recursos naturales no renovables.

El ritmo o tasa de explotación no debería exceder de la correspondiente tasa de creación de suministros renovables (compensación del agotamiento con energías renovables). De esta manera, se podrían utilizar las fuentes energéticas fósiles si parte de los rendimientos obtenidos con su explotación se destinaran a proporcionar energías renovables substitutivas.

-Salidas: Sumideros naturales.

El ritmo o tasa de emisión de residuos contaminantes no puede exceder la capacidad de asimilación de los ecosistemas naturales (reciclado, absorción o esterilización por el medio ambiente), ni tampoco disminuir irreversiblemente la capacidad de suministro de servicios ambientales de estos ecosistemas. Por ejemplo, el vertido de aguas residuales debe estar regulado por la capacidad asimilativa y regenerativa del medio acuático en el que se vierte (capacidad autodepuradora de ríos, lagos, mares).”(Jiménez, J.L., 1996).

2.3 Modelo de la Agenda 21

A principios de los años 90, el Comité Preparatorio de la Conferencia de Río desarrolló un plan de acción, la Agenda 21, con una relación basada en intereses comunes, necesidades mutuas y responsabilidades comunes.

Todos los programas que trata la Agenda 21 están agrupados en 7 temas, donde cada uno representa una dimensión importante de la estrategia general para una transición global.

El primer tema es *la revitalización de un crecimiento sostenible*, mediante unas consideraciones ambientales que imponen unas restricciones a los modelos tradicionales de desarrollo.

Para garantizar un modelo sostenible es necesaria “la integración del desarrollo y el

medio ambiente en todos los niveles de toma de decisiones políticas y económicas. El sistema de incentivos y sanciones que motiva el comportamiento económico se ha de reorientar para que llegue a ser un elemento fuerte del modelo sostenible, y los cambios en los presupuestos nacionales han de reflejar los valores reales del medio ambiente y de los recursos naturales” (CNUMAD,1992).

Según este modelo, introducir los costes ambientales es totalmente coherente con los principios de la economía de mercado y cree en las fuerzas del mercado como un “estímulo poderoso para el cambio”. Este primer tema también hace referencia a las variables demográficas como factor clave de influencia sobre el consumo y la producción, y reta a todos los países a aplicar políticas y programas de acción adecuados para desarrollar tasas de crecimiento y modelos de distribución de la población.

El segundo tema referente a un *Mundo Justo* tiene como objetivos la erradicación de la pobreza en el mundo y la consecución de modelos de consumo compatibles con el medio ambiente.

También hace referencia a la gestión de los núcleos de población para la mejora de la calidad de vida de las personas elevando la calidad de las viviendas, el abastecimiento de agua, de la energía y del transporte. Se debe destacar que la creciente cantidad de residuos y aguas residuales es uno de los temas principales que destaca la Agenda 21 derivados de la contaminación urbana.

El tercer tema hace referencia a un *Mundo habitable* y se centra principalmente en el problema de los residuos y la contaminación urbana.

Según la Agenda 21 “la minimización de los residuos se encuentra en la cumbre de la jerarquía de las opciones de gestión de residuos a escala industrial y municipal; estas opciones van desde la reducción de las raíces hasta el reciclaje, la reutilización y el tratamiento de los residuos no peligrosos”. La minimización de los residuos implica “la eliminación de la generación de residuos mediante un cambio tecnológico y de gestión”.

En este apartado también se hace referencia a una necesidad de cambio en los modelos

de consumo hacia niveles más eficientes y formas de uso de los recursos ambientalmente más sanas, aunque este último punto es tratado ampliamente en el siguiente tema.

La utilización eficiente de los recursos constituye la base del cuarto tema de la Agenda 21.

Los programas se centran en la urgencia de invertir la destrucción de los recursos renovables y de aplicar estrategias para la utilización sostenible de la tierra, el agua dulce, los recursos biológicos y genéticos, la biotecnología y la energía. El objetivo central es “la incorporación de la naturaleza multisectorial de la tierra, el agua, la energía y el desarrollo de los recursos bióticos en el desarrollo socioeconómico...” (CNUMAD, 1992)

En temas de agua “hay que aplicar estrategias que desarrollen y distribuyan de una forma flexible las aguas superficiales y subterráneas, teniendo en cuenta las necesidades y oportunidades existentes y anticipadas”.

El crecimiento económico actual ha sido posible por la disponibilidad de una energía barata en forma de combustibles fósiles. Para conseguir la utilización eficiente de los recursos es importante un modelo de producción de energía y consumo que se base en la eficiencia y en sistemas energéticos ambientalmente limpios, especialmente renovables.

Otro aspecto importante es la biodiversidad, debido a la creciente desaparición de especies con la consiguiente reducción de la biodiversidad global. Ello es debido a que los valores económicos y sociales de los recursos biológicos se han devaluado y su valor real se ha subestimado.

Según la Agenda 21 es esencial la cooperación internacional, ya que “la biodiversidad del mundo se encuentra en los países en desarrollo mientras que la capacidad tecnológica y financiera se encuentra en los países desarrollados”

Finalmente, el cuarto tema hace referencia a las biotecnologías como multiplicadores de los valores derivados del desarrollo sostenible de los recursos biológicos.

El quinto tema hace referencia a *los recursos globales y regionales*, incluye programas de actuación referentes a la atmósfera, los océanos y mares y los recursos marinos. Todo esto interrelacionado directamente con el clima global.

Los océanos tienen un papel predominante y decisivo en los procesos bio-geo-químicos del planeta a escala local y global. Los recursos energéticos, el clima, los ciclos hidrológicos, los procesos atmosféricos se ven influenciados directamente por las propiedades de los procesos oceánicos. Los océanos también son un ejemplo de biodiversidad.

Este tema también hace referencia al territorio y en particular a la degradación física y ecológica de las áreas costeras debido al crecimiento de las poblaciones y de las actividades económicas.

Las actividades de la Agenda 21 van dirigidas a una cooperación mediante acuerdos internacionales para la protección de estos recursos atmosféricos y oceánicos.

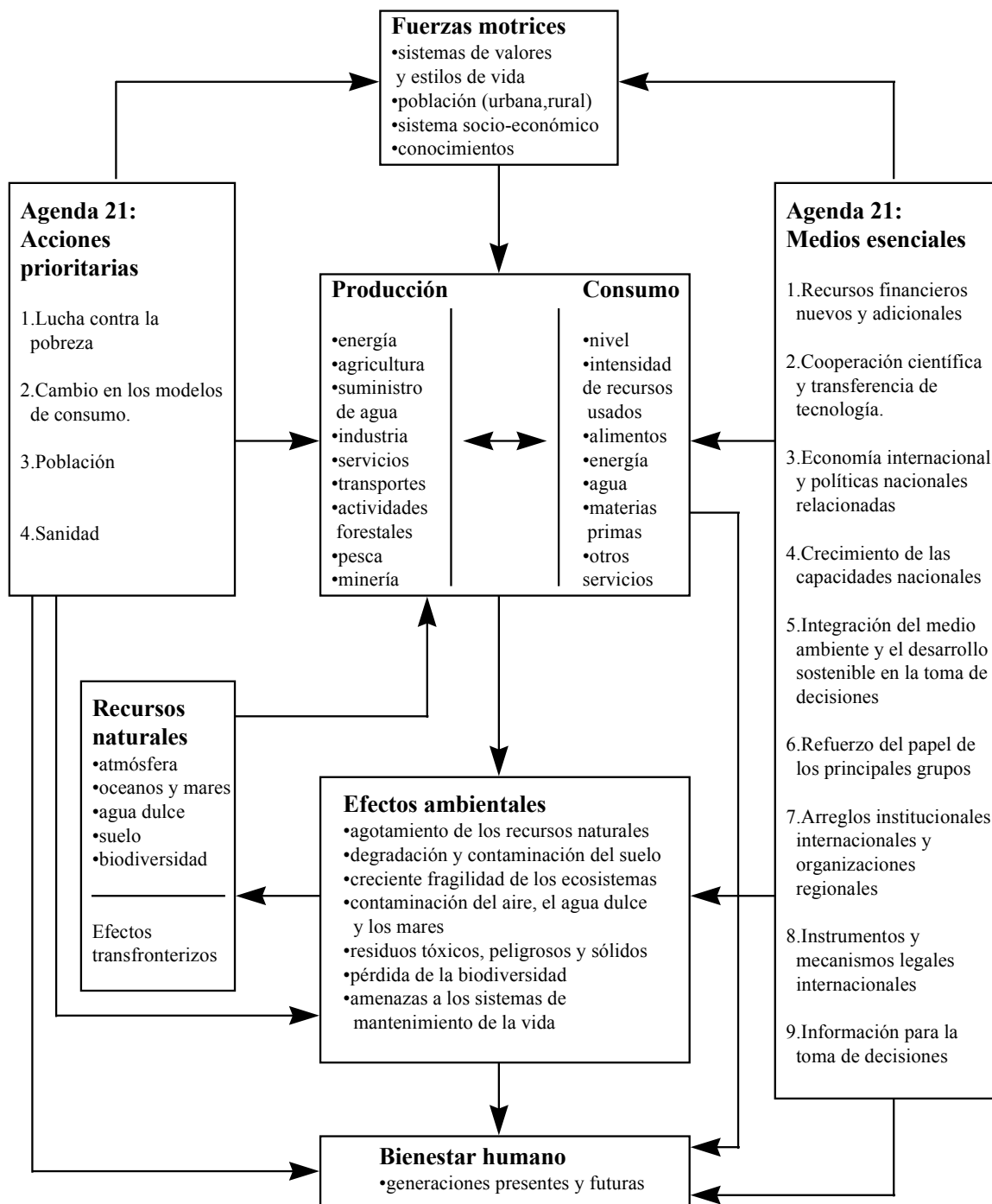
El *tratamiento de los residuos* es uno de los pilares del sexto tema, pero a diferencia del tercer tema este se centra en los “residuos peligrosos”, “químicos” y “radioactivos”.

Para los productos químicos se proponen como una medida importante la catalogación de todas las propiedades de los productos químicos y que se tomen las medidas de precaución adecuadas para su tratamiento, uso y eliminación final.

La participación y responsabilidad de las personas constituye la base del tema final de la Agenda 21: *un Mundo de las Personas*. Se pretende fortalecer el papel de la educación, la conciencia pública y la formación; exigir más transparencia en la toma de decisiones de los gobiernos. De esta manera se quiere asegurar la máxima participación y contribución de todos los grupos de la sociedad.

En el siguiente cuadro podemos ver, en forma de esquema, las acciones prioritarias y los medios esenciales de actuación propuestos en la Agenda 21:

EXISTENCIA SOSTENIBLE

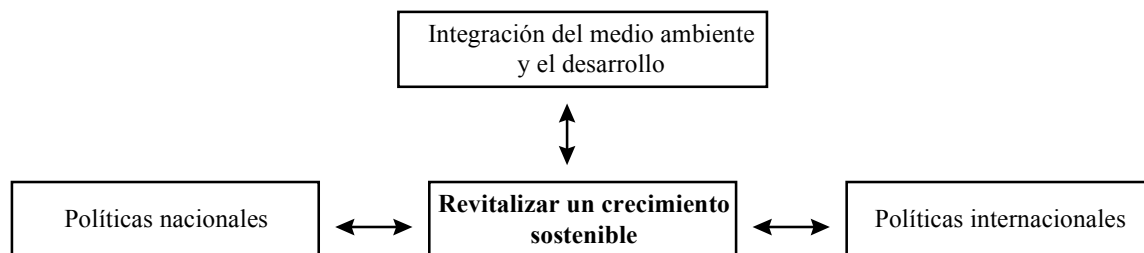


Fuente: Guía de l'Agenda 21

Grafica 2.2 Modelo de la Agenda XXI

Y en el siguiente cuadro podemos ver las conexiones transectoriales que hay que

considerar para la revitalización del crecimiento bajo criterios sostenibles:



Conexiones transectoriales	
<p>Lucha contra la pobreza: Provisión de medios de subsistencia sostenibles.</p> <p>Cambios en los modelos de consumo: Estilos de vida menos despilfarradores; Niveles de consumo sostenibles; Pautas conscientes de consumo.</p> <p>Dinámica demográfica y modelos demográficos sostenibles: Retos globales; Integración de la población y el medio ambiente a nivel nacional y local.</p> <p>Sanidad: Riesgos para la salud derivados de la contaminación; Salud urbana; Necesidades básicas; Enfermedades transmisibles; Grupos vulnerables.</p> <p>Núcleos de población: Vivienda; Gestión del suelo y los núcleos de población; Infraestructura ambiental; Energía y transporte; Recursos humanos y potencial de construcción; Areas propensas a desastres.</p> <p>Suministro de agua a las zonas urbanas: Agua potable; Saneamiento; Planificación intersectorial; Seguimiento.</p> <p>Gestión de residuos sólidos: Minimización de residuos; Vertido incontrolado; Expansión de servicios; Reciclaje.</p> <p>Contaminación y sanidad urbanas: Contaminación atmosférica; Planificación sanitaria municipal; Protección contra la radiación.</p> <p>Recursos del suelo: planificación y gestión integradas.</p> <p>Recursos de agua dulce: Evaluación, desarrollo y gestión integradas; Protección de la calidad y de los recursos; Agua potable; Saneamiento; Agua para los regadíos.</p> <p>Energía: Desarrollo y consumo de energía sostenibles; Energía doméstica; Transportes; Industria.</p> <p>Agricultura y el desarrollo rural sostenibles: Políticas, planificación y programación; Participación de los recursos humanos; Utilización del suelo; Conservación y rehabilitación; Agua dulce; Recursos genéticos animales y vegetales; Gestión de plagas; Nutrición vegetal; Energía rural; Ocupación laboral rural; Seguridad de alimentación.</p>	<p>Desarrollo forestal sostenible: Utilización múltiple de árboles, bosques y tierras; Evaluación y seguimiento; Cooperación internacional y regional.</p> <p>Gestión de ecosistemas frágiles: Lucha contra la desertización y la sequía: información y seguimiento; Aforestación y reforestación; Medios de subsistencia alternativos; Programas y planes de acción contra la desertización; Preparación y alivio de las sequías; Desarrollo sostenibles de las zonas montañosas: Información; Desarrollo integrado de cuencas hidrográficas</p> <p>Biodiversidad: Información; beneficios y utilización; Conservación; Construcción de capacidades.</p> <p>Gestión ambientalmente racional de la biotecnología: Productividades de alimentos y forraje; Sanidad; protección ambiental; Mecanismos de seguridad; Cooperación internacional.</p> <p>Atmósfera: Desarrollo y consumo de energía sostenibles; Sistemas de transporte; Industria; Agricultura; Agotamiento de la capa de ozono; Estudio de las lagunas existentes en el conocimiento actual.</p> <p>Océanos y mares: Desarrollo de áreas costera; protección marina; Recursos vivientes; Incertidumbres y cambio climático; Cooperación y coordinación internacionales; Desarrollo de las islas.</p> <p>Productos químicos tóxicos: Evaluación de riesgos de los productos químicos; Clasificación y etiquetaje; Información; Gestión de los riesgos.</p> <p>Residuos peligrosos: producción más limpia, minimización de los residuos, capacidades institucionales; Cooperación internacional en los movimientos transfronterizos.</p> <p>Residuos radioactivos: Acuerdos internacionales para una gestión más segura.</p> <p>Educación, conciencia pública y formación.</p> <p>Refuerzo del papel de los principales grupos: Mujeres; Jóvenes; Personas y comunidades indígenas; Organizaciones no-gubernamentales; Campesinos; Autoridades locales; Sindicatos; Negocios e industria; Comunidad científica y tecnológica.</p>

Fuente: Guia de l'Agenda 21

Grafica 2.3 Conexiones

En resumen, la Agenda 21 propone acciones para la recogida, el procesamiento y la difusión de datos y de información pertinente a cada cuestión sectorial y transectorial. También incluye medidas concretas e incentivos para reducir los impactos negativos de los riesgos, para revitalizar el desarrollo en los países en desarrollo, para eliminar la pobreza generalizada y para reducir tasas de crecimiento de población insostenibles. Se basa en la premisa que el desarrollo sostenible no es solamente una opción sino un imperativo.

Todos los programas de la Agenda 21 sobre agua, energía, transportes, territorio y residuos se estudiarán más adelante como modelos particulares del desarrollo sostenible.

2.4 Modelo del V Programa

El “Programa de la Comunidad Europea sobre política y acción en relación con el medio ambiente y al desarrollo sostenible” se redactó a principios del año 1992 con el objetivo de servir de punto de partida y de dar las directrices a seguir en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo(CNUMAD), que debía celebrarse en Río de Janeiro el Junio de aquel mismo año.

“El concepto de "sostenibilidad" tal como se utiliza en este programa se refiere a una política y estrategia que tiene por objetivo un desarrollo económico y social que no se haga en detrimento del medio ambiente ni de los recursos naturales de los cuales dependen las actividades humanas y el desarrollo.” (UE, 1992).

También se hace referencia a la definición de desarrollo sostenible que se da al informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo(Informe Brundtland) y añade que “Se trata, pues, de preservar el equilibrio general y el valor de las reservas de capital natural, redefinir los criterios de evaluación de costes y beneficios a corto, medio y largo plazo con objeto de reflejar los efectos socioeconómicos reales del consumo y de la conservación de éste capital, y de distribuir y usar equitativamente los recursos entre los estados y las regiones del conjunto del planeta.” (UE, 1992).

Algunos de los requisitos que el Programa propone adoptar para alcanzar un desarrollo

sostenible son los siguientes:

1. “Debido a que la reserva de materias primas es finita, el flujo de los recursos a través de las fases de producción, consumo y uso debería de realizarse aplicando criterios que facilitaran y fomentarán una reutilización y un reciclaje óptimos, con objeto de evitar su despilfarro y prevenir el agotamiento de las reservas de recursos naturales”;

2. “La producción y el consumo de energía se debe racionalizar”;

3. “Deberían transformarse las pautas de consumo y de comportamiento del conjunto de la sociedad”. (UE, 1992).

Las políticas de desarrollo sostenible sólo dan fruto a largo plazo y hace falta que se mantengan y se vayan completando a medida que el paso del tiempo nos vaya dando perspectiva para valorar las acciones pasadas y posibilidades de completarlas y ampliarlas. En éste sentido el Programa reconoce que: “Es cierto que el desarrollo sostenible no es algo que pueda conseguirse en un período de tiempo tan breve como es el de la vigencia de éste Programa. Hace falta, pues, valorar "Hacia un desarrollo sostenible" solamente como un paso, importante, de un proceso a largo plazo para la salvaguarda del medio ambiente y la conservación de la calidad de vida de la Comunidad y, en última instancia, de nuestro planeta.” (UE, 1992).

Las propuestas se centran en los siguientes campos de actuación que “tendrán prioridad con la intención de conseguir mejoras y transformaciones tangibles durante el período de vigencia del Programa”:

1. “Gestión sostenible de los recursos naturales: Suelo, aguas, espacios naturales y zonas litorales”;

2. “Control integrado de la contaminación y prevención de la proliferación de residuos”;

3. “Reducción del consumo de energías no renovables”;

4. “Mejora de la gestión de la movilidad incluyendo decisiones de localización y medios de transporte más eficientes y racionales ecológicamente”.

5. “Conjunto de medidas coherentes para conseguir mejoras en la calidad ambiental de las áreas urbanas”;

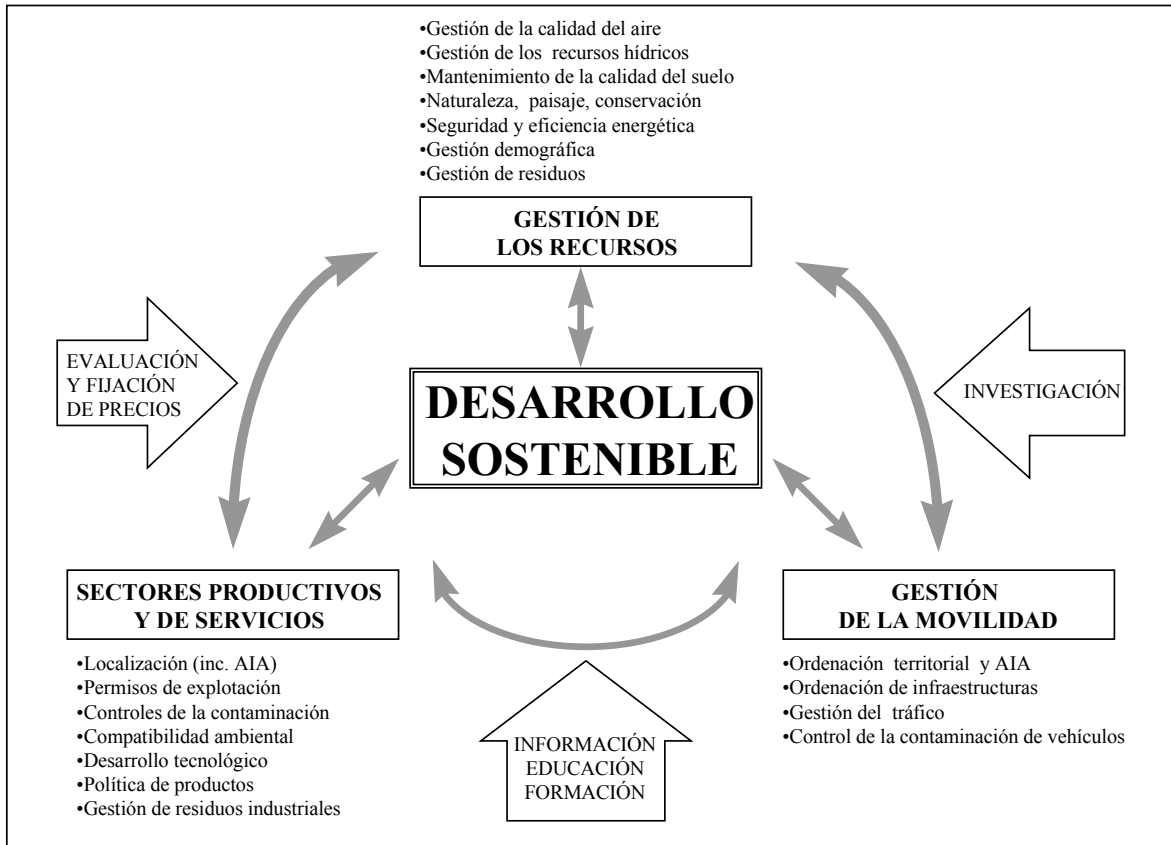
6. Mejora de la salud y la seguridad públicas, con especial atención en la evaluación y la gestión de los riesgos industriales, la seguridad nuclear y la protección contra las radiaciones.” (UE, 1992).

En la siguiente tabla figuran los problemas y sectores clave para conseguir el desarrollo sostenible según el V Programa de la UE:

Problemas y sectores clave según el V Programa de la Unión Europea			
Problemas Clave	A: Agentes E: Efectos	Objetivo UE	Principales Sectores implicados
Cambio Climático	A: CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , CFC E: Efecto Invernadero y Agujero de Ozono	Volver a niveles de CO ₂ de 1990 Ninguna agresión al ozono	1. Industria 2. Energía 3. Transporte 4. Agricultura 5. Turismo
Acidificación y Calidad del aire	A: SO ₂ , NO _x , COV E: Envenenamiento de bosques y agua	No superar la capacidad de carga	
Naturaleza y Biodiversidad	A: Presión del Modelo de desarrollo E: Retroceso de la biodiversidad	Desarrollo sostenible Hábitat naturales y control consumo de especies amenazadas	
Gestión del agua	A: Presión de la demanda e impacto de emisiones	Equilibrio demanda Anticontaminación Rehabilitación	
Medio Urbano	A: Urbanización congestiva y contaminante E: Pérdida de calidad de vida y entorno	Mejoras en el desarrollo urbano	
Zonas costeras	A: Urbanización congestiva y contaminante E: Degradación del medio, suelo y agua	Desarrollo litoral sostenible	
Gestión de residuos	A: Desbordamiento generación de residuos E: Contaminación	Reciclaje Transformación, producción, procesos y utilización	

Grafica 2.4 Sectores claves. Fuente V programa UE

Y como resumen de la propuesta del V Programa se muestra, en la siguiente ilustración, el esquema en el que se relacionan los diferentes factores que deben intervenir para la consecución de un desarrollo sostenible:



FUENTE: V PROGRAMA DE LA UE

Grafica 2.5 Desarrollo sostenible

2.5 Modelo del “factor 4” o la revolución de la eficiencia

Según Ernst Ulrich von Weizsäcker, presidente del Instituto Wuppertal para el Clima, el Medio Ambiente y la Energía y miembro del club de Roma es posible “duplicar el bienestar usando la mitad de los recursos naturales”, lo que denomina como “Factor 4”. En otras palabras, “se puede cuadruplicar la productividad de los recursos que se obtienen de una unidad de recursos naturales” (Von Weizsäcker, E.U., 1995).

Una de las preguntas que se pueden hacer al estudiar la afirmación anterior es el coste de este modelo. Según los autores de éste modelo (von Weizsäcker, L.H.Lovins y

A.B.lovins), ésta revolución de la eficiencia se puede conseguir con un “coste negativo”, es decir, dando beneficios.

Para conseguir la viabilidad se han de aplicar las siguientes medidas (Von Weizsäcker, E.U., 1995):

1. Eliminar las subvenciones para la utilización de los recursos.
2. Educar a los consumidores.
3. Gestionar la demanda.
4. Reducir los costes.
5. Cobrar cuotas altas en concepto de residuos sólidos.
6. Hacer auditorias ambientales.
7. Aplicar una reforma fiscal ecológica.
8. Factor clave: el reciclaje (reparación, restauración y modernización sin la destrucción total).

La reforma fiscal ecológica puede y debe ser diseñada para evitar la destrucción del capital natural.

Las rentas obtenidas de los impuestos sobre la energía y los recursos naturales se utilizarían para financiar parcialmente el sistema de seguridad social, que si no, debe ser financiada por la empresa y el trabajador.

Finalmente, los autores creen que si se combinan las exigencias ecológicas, los avances tecnológicos y la moda, la revolución de la eficiencia se podrá imponer en menos de quince años y además es aplicable para todo tipo de industrias y sectores productivos.

2.6 Declaración de Río sobre medio ambiente y desarrollo

La declaración de Río aparece como texto oficial de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro el Junio de 1992.

Su texto reafirma en sus postulados la Declaración de las Naciones Unidas en la Conferencia del Medio Ambiente Humano el 16 de Junio de 1972 en Estocolmo y construye su declaración basándose en ella.

Del documento se pueden extraer los siguientes principios (Declaración de Río, 1992):

Principio 1

Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la Naturaleza.

Principio 2

De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del Derecho Internacional, los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo y la responsabilidad de garantizar que las actividades realizadas en su jurisdicción o bajo su control, no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de regiones que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.

Principio 3

El derecho al desarrollo debe ejercerse a fin de responder de manera equitativa a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.

Principio 4

A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir un elemento integrante del proceso de desarrollo y no puede considerarse en

forma aislada.

Principio 5

Todos los Estados y todas las personas deberán cooperar en la tarea esencial de erradicar la pobreza como requisito indispensable del desarrollo sostenible, a fin de reducir las disparidades en la calidad de vida y responder mejor a las necesidades de la mayoría de los pueblos del mundo.

Principio 6

La situación y las necesidades especiales de los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los más vulnerables desde el punto de vista ambiental, deberán recibir una prioridad especial. En las medidas internacionales adoptadas con respecto al medio ambiente y el desarrollo también se deberían tener en cuenta los intereses y las necesidades de todos los países.

Principio 7

Los Estados deberán cooperar en un espíritu de coalición mundial para conservar, proteger, restablecer la salud e integridad del ecosistema de la Tierra. En vista de las diferentes contribuciones a la degradación del medio ambiente mundial los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas. Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les corresponde en la búsqueda internacional de un desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros de que disponen.

Principio 8

Para alcanzar un desarrollo sostenible y una mayor calidad de vida para todas las personas, los Estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles y fomentar políticas demográficas apropiadas.

Principio 9

Los Estados deberían cooperar para reforzar la creación de capacidades nacionales para lograr un desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos y mejorando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, entre éstas, tecnologías nuevas e innovadoras.

Principio 10

El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es mediante la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, cada individuo deberá tener acceso adecuado a la información relativa al medio ambiente de que disponen las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que ofrecen peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación del público, poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes.

Principio 11

Los Estados deberán promulgar leyes efectivas sobre el medio ambiente. Las normas ambientales y los objetivos y prioridades en materia de gestión del medio ambiente, deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico injustificado para otros países, en particular para los países en desarrollo.

Principio 12

Los Estados deberían cooperar para promover un sistema económico internacional favorable y abierto que llevara al crecimiento económico y el desarrollo sostenible de todos los países, a fin de tratar mejor los problemas de la degradación ambiental. Las medidas de política comercial para fines ambientales no deberían constituir un medio de discriminación arbitraria o injustificable ni una restricción velada del comercio internacional. Se debería evitar tomar medidas unilaterales para solucionar los problemas ambientales que se producen fuera de la jurisdicción del país importador. Las medidas destinadas a tratar los problemas ambientales transfronterizos o mundiales deberían, en la medida de lo posible, basarse en un consenso internacional.

Principio 13

Los Estados deberían desarrollar la legislación nacional relativa a la responsabilidad

y la indemnización respecto de las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales. Los Estados deberán cooperar asimismo de manera expedita y más decidida, para elaborar nuevas leyes internacionales relativas a la responsabilidad y la indemnización por los efectos negativos de los daños ambientales causados por las actividades realizadas dentro de su jurisdicción, o bajo su control, en zonas situadas fuera de su jurisdicción.

Principio 14

Los Estados deberían cooperar efectivamente para desalentar o evitar la reubicación y la transferencia a otros Estados de actividades y sustancias que causen degradación ambiental grave o se consideren nocivas para la salud humana.

Principio 15

Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de una certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente.

Principio 16

Las autoridades nacionales deberían procurar asegurar la internalización de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en principio, cargar con los costos de la contaminación, teniendo debidamente en cuenta el interés público y sin distorsionar el comercio ni las inversiones internacionales.

Principio 17

Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente.

Principio 18

Los Estados deberán notificar inmediatamente a otros Estados los desastres naturales

y otras situaciones de emergencia que puedan producir efectos nocivos súbitos en el medio ambiente de esos Estados. La comunidad internacional deberá hacer todo lo posible por ayudar a los Estados afectados por los desastres.

Principio 19

Los Estados deberán proporcionar la información pertinente y notificar previamente y en forma oportuna a los Estados que puedan verse afectados por actividades que puedan tener considerables efectos ambientales nocivos transfronterizos y deberán celebrar consultas con esos Estados en una fecha temprana y de buena fe.

Principio 20

Las mujeres desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y la ordenación del medio ambiente. Es, por tanto, imprescindible contar con su plena participación para lograr el desarrollo sostenible.

Principio 21

Debería movilizarse la creatividad, los ideales y el valor de los jóvenes del mundo para forjar una alianza mundial orientada a lograr el desarrollo sostenible y asegurar un mejor futuro para todos.

Principio 22

Los pueblos indígenas y sus comunidades, así como otras comunidades locales, desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo debido a sus conocimientos y prácticas tradicionales. Los Estados deberán reconocer y prestar el apoyo debido a su identidad, cultura e intereses y velar porque participaran efectivamente en el logro del desarrollo sostenible.

Principio 23

Deben protegerse el medio ambiente y los recursos naturales de los pueblos sometidos a esas formas de opresión, dominación y ocupación.

Principio 24

La guerra es, por definición, enemiga del desarrollo sostenible. En consecuencia, los Estados deberán respetar el Derecho Internacional proporcionando protección al medio

ambiente en épocas de conflicto armado, y cooperar para su ulterior mejoramiento, según sea necesario.

Principio 25

La paz, el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes e inseparables.

Principio 26

Los Estados deberán resolver todas sus controversias sobre el medio ambiente por medios pacíficos y con arreglo a la Carta de las Naciones Unidas.

Principio 27

Los Estados y los pueblos deberán cooperar de buena fe y con espíritu de solidaridad en la aplicación de los principios consagrados en esta Declaración y en el desarrollo ulterior del Derecho Internacional en la esfera del desarrollo sostenible.

(Fuente: CNUMAD, Río'92. Programa 21, Tomo II. MOPT, Serie Monografías, Madrid, 1993.). Esta información fue extraída de libro: "Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica". Luis M. Jiménez Herrero, 1996.

Con estos principios de la Declaración de Río se transmite un mensaje bastante claro: es responsabilidad de los países aplicar sus propias leyes sobre medio ambiente siempre dentro de un consenso internacional y siguiendo las directrices de la Agenda 21 o de otros programas paralelos como el V Programa de la Comunidad Europea.

2.7 Visión de los límites del crecimiento desde la ingeniería: la capacidad de carga

La sociedad de hoy debe preguntarse si puede mantener la oportunidad, libertad y la calidad de vida. Los ingenieros proyectan los medios que la sociedad utiliza para satisfacer sus necesidades, por lo tanto deben tener claro la magnitud de la pregunta y colocarla por encima de las consideraciones de diseño, si es posible en términos fácilmente asimilables.

Serías dificultades enfrentan a nuestro mundo, y se oyen pronósticos de desastre. Pero el

futuro no es inevitable, es una elección. No tendremos un desastre a menos que se hagan elecciones desastrosas. Los ingenieros tienen la especial responsabilidad de informar a la sociedad de las implicaciones prácticas de sus elecciones.

La sociedad ha valorado la tecnología industrial porque ha visto como ésta ofrece elecciones para el futuro. Al mismo tiempo la industria ha creado problemas que nosotros no podemos evitar. La lista es familiar: la lluvia ácida, los residuos tóxicos, el efecto invernadero, el agotamiento de recursos, etc...

Si se cree en el futuro como una elección, se deben crear las bases para una nueva ingeniería que ofrezca genuinas técnicas alternativas y sociales correspondientes a las necesidades actuales. A la vez que mantiene los beneficios de la industria proyectado y usando la tecnología de forma adecuada y armoniosa con el medio ambiente.

Los recursos tienen quizás las implicaciones prácticas más amplias para cualquiera, tanto ciudadanos como proyectistas. La tecnología industrial tradicional ha dependido siempre del volumen diáfano de recursos con abrumadores problemas, y los ingenieros se han entretenido siempre a pensar a lo largo de esas líneas. Hoy en día llega a ser obvio que el viejo paradigma industrial de crecimiento ilimitado es insostenible ya que son limitados los recursos planetarios y también es limitada la capacidad ambiental para absorber externalidades. La ingeniería concebida desde el punto de vista de este paradigma es asimismo insostenible. Por ello trabajamos en un nuevo paradigma para proyectar una nueva tecnología industrial, y ese paradigma es la sostenibilidad. Para lograr la sostenibilidad se necesita una ingeniería sostenible.

Ahora bien, ¿cómo debemos concebir la ingeniería sostenible? ¿Qué quiere decir, y qué tipos de tecnologías implica? Para contestar estas preguntas, se necesita un concepto que oriente la variación de un recurso, lo que se define con el nombre de “capacidad de carga”. La idea de capacidad de carga, permite formular una clara definición generalizada de sostenibilidad.

El término de “**capacidad de carga**”, se originó en el estudio de una población biológica y se define como los recursos que pueden sostener a la población y el impacto del consumo de estos recursos en el medio ambiente. Para comprender el uso de

“capacidad de carga de los recursos” debemos tener en cuenta varios términos:

R= Recurso (s), o medio ambiente.

N= Población (nº de individuos) consumiendo R.

C= Valor del consumo o uso per cápita de R de los individuos de la población N; es decir, el valor per cápita del impacto sobre R.

$L = C \times N =$ Carga sobre R = Carga de Recurso, Carga Ecológica o Carga Ambiental.

Dependiendo de nuestro enfoque, R puede significar una sustancia particular, tal como el petróleo o el carbón, o una especie viva en particular, tal como el bacalao, el ciervo o los pinos o varios recursos juntos tal como el conjunto de todas las especies marinas. R puede también referirse a todo un ecosistema o a áreas geográficas. De forma más abstracta R puede referirse a procesos ambientales y interacciones ecológicas. R podría referirse también a una condición deseable, tal como la condición de tener la concentración de CO_2 de la atmósfera entorno a un umbral seguro, o la condición de tener agua en un acuífero con una cierta pureza. En su totalidad siempre podemos referir R al medio ambiente. Los recursos, se deben tener en mente para comprender el pleno significado de la capacidad de carga; se ha de observar C no como el valor per cápita de consumo hecho por N, sino como el valor per cápita que incide sobre R.

Se necesita un término más:

$K_L =$ La capacidad de carga del recurso para un recurso determinado R. K_L es la carga L que representa el consumo máximo o impacto de un determinado R sin que pierda la reversibilidad o la sostenibilidad de este uso y sin que el uso cause una disminución irreversible de cualquier otra R.

El viejo paradigma no promueve formas para mantener a R. El requerimiento

fundamental de la sostenibilidad es mantener R; hay que tratar K_L ante todo como la capacidad de carga de un recurso R más bien que como un rendimiento o beneficio para la humanidad ya que así se mejorarán las oportunidades de planificar formas de mantener los recursos R y la humanidad.

Con tales requisitos, se puede representar un diagrama CN para observar el significado de K_L con relación a L. El diagrama CN de la figura 2.1 muestra K_L representado por un círculo de un área determinada, próximo a las coordenadas C y N. Debido a que la carga L es 0 K_L no se ve afectada por esta.

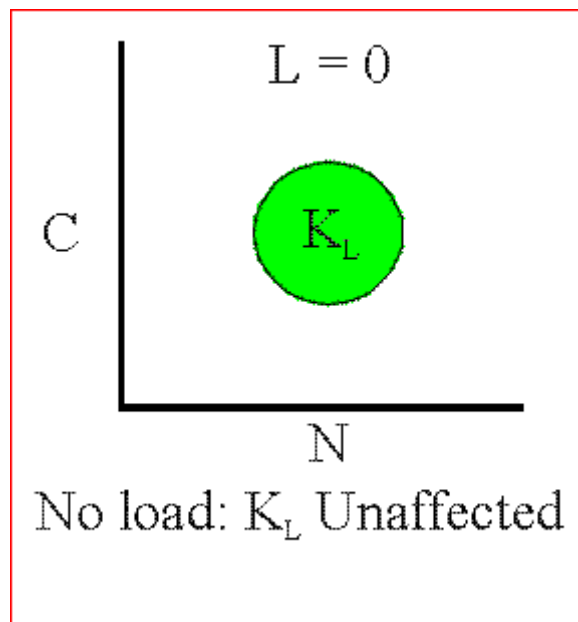


Figura 2.1. Diagrama de elementos de carga. Fuente Cohen 1996

La figura 2.2 representa la situación con alguna carga L, indicada por un rectángulo de valor el producto $C \times N$. Aquí $L < K_L$, en este caso el valor per cápita de consumo o uso (valor per cápita de impacto sobre R) representado por C puede ir creciendo mientras el nivel de población representado por N no aumente. El pequeño círculo sombreado L tiene la misma área que el rectángulo L. La porción restante del círculo grande K_L representa el margen que existe para el aumento de una L adicional antes de que se inicie un daño permanente en el recurso R. La condición $L < K_L$ define la sostenibilidad.

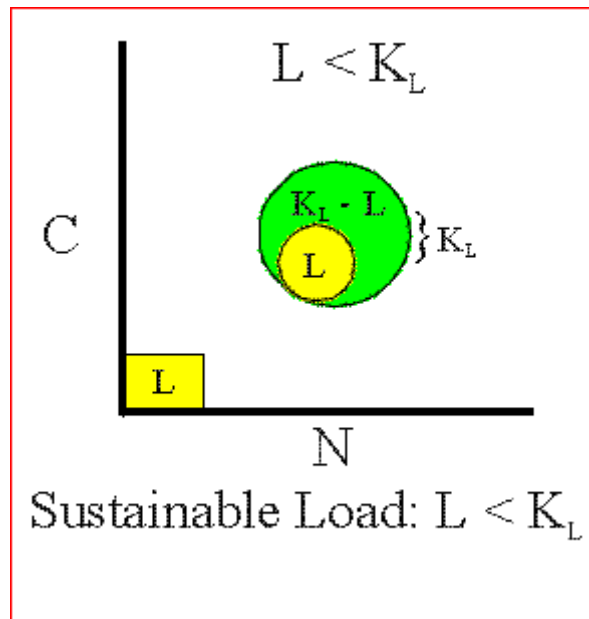


Figura 2.2. Diagrama de elementos de Carga. Fuente Cohen 1996

La figura 2.3 representa $L=K_L$. Bajo esta condición no puede haber ningún L adicional sin que se dañe R permanentemente (se supone que “el daño permanente” significa cualquier efecto adverso del que R no se puede recuperar en menos de una vida humana). Mientras L nunca exceda de K_L , podemos suponer que si L disminuye, la anterior porción afectada de K_L se regenerará. La condición $L=K_L$ parece técnicamente aceptable, aunque es precaria. La idea del rendimiento sostenible máximo es un concepto peligroso aunque favorece la visión de $L=K_L$ (máximo rendimiento) como una meta aceptable más bien que como un preludio a la disminución permanente de R .

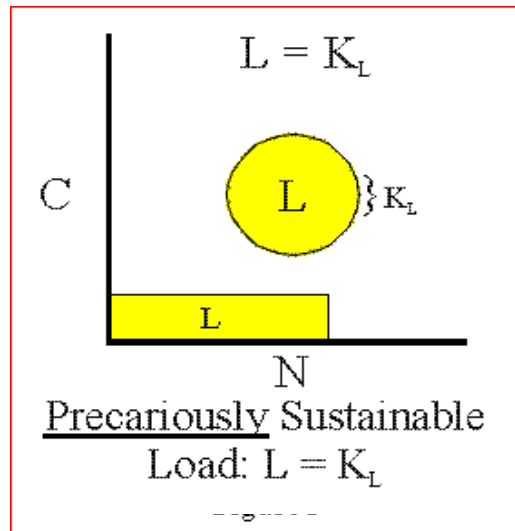


Figura 2.3. Diagrama de elementos de Carga. Fuente Cohen 1996

La figura 2.4 muestra $L > K_L$. Téngase en cuenta que la sobrecarga hace encoger K_L ; la parte ennegrecida del círculo representa permanentemente el K_L perdido que no puede regenerarse. Exceder K_L es reducirlo. K_L puede disminuir aún cuando parezca que haya abundancia de R. Una sobrecarga continua hace reducir cada vez más el K_L hasta que éste puede desaparecer.

Nótese que una vez alcanzado $L > K_L$, se consume más recurso del máximo sostenible con lo cual no se regenerará la totalidad de recurso consumido. Esto provoca que el valor K_L se vea mermado ya que la cantidad de recurso disponible a lo largo de una vida humana se ha reducido.

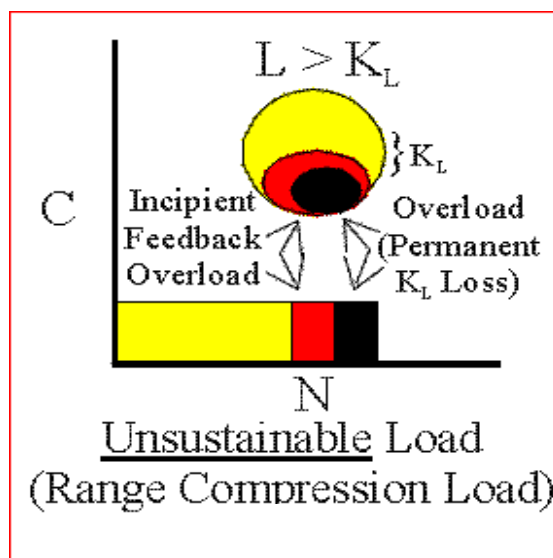


Figura 2.4. Diagrama de elementos de Carga. Fuente Cohen 1996

La única manera de impedir enteramente que disminuya K_L en una sobrecarga es reducir el uso de R o dejar de usarlo por completo; se llegaría a la condición $L < K_L$. Obviamente, la figura 2.4 representa una condición de insostenibilidad en el recurso usado.

La sostenibilidad es la condición tal que $L < K_L$. Este es el nuevo paradigma, y da una meta clara, fácil de visualizar. Por supuesto, la realidad nunca es tan simple. Se ha llegado a ser tan dependiente del viejo paradigma tecnológico (insostenible) que cambiar al nuevo paradigma costará un esfuerzo considerable. El viejo paradigma nos ha hecho más y más dependientes de recursos no renovables, mientras que la sostenibilidad requiere de recursos renovables con un K_L elevado para no llegar a extinguir los recursos no renovables, ya que cualquier consumo de un recurso no renovable ocasiona una disminución irrevocable en el recurso. Se deberían observar los recursos no renovables como un puente temporal al futuro enteramente basado en tecnologías sostenibles que usen exclusivamente recursos renovables. Se ha de continuar dependiendo de la vida natural, apoyándonos en sistemas que hacen posible la vida sobre la tierra así como también para otras criaturas, y esos sistemas constan de interacciones entre especies renovables. Las tecnologías no renovables gastan inevitablemente nuestros sistemas naturales de apoyo.

La sostenibilidad requiere que se limite el C y la N . Limitar la N humana es un problema muy duro; la población mundial está ahora en cinco mil millones; con una proyección para el año 2025 de ocho mil millones. La población mundial actual reduce el K_L en la mayoría de los casos, y aunque se redujese el impacto promedio per cápita C , el K_L mundial continuaría disminuyendo. Muy probablemente la tierra tiene ya más humanos del que el ambiente natural puede resistir indefinidamente. Muy probablemente los seres humanos han comenzado a exceder la capacidad de carga de la tierra en cualquier nivel de C .

Desde el punto de vista ético y político se ha de tener en cuenta no solamente cuantos humanos puede sostener la tierra sino como se distribuyen entre ellos los medios para el bienestar. Se ha de definir la población sostenible según en las condiciones y el lugar en que se encuentre. Una población materialmente sostenible en conjunto, pero en que

algunos estuvieran cómodos y algunos apenas subsistieran sería indeseable y probablemente inestable. Aún cuando los más pobres estuvieran razonablemente cómodos permitiendo a unos pocos ricos utilizar algún recurso en exceso, crearía inverosímiles descontentos para llegar a ser a largo plazo insostenible. La sostenibilidad implica que no se debería permitir el excesivo consumo de un R. Pero, es evidente que se ha de asegurar un nivel razonable de C para todos; aún logrando la seguridad material para todos, bien podría ocasionarse una aceleración desastrosa del crecimiento de la población debido a un cambio en las actitudes culturales.

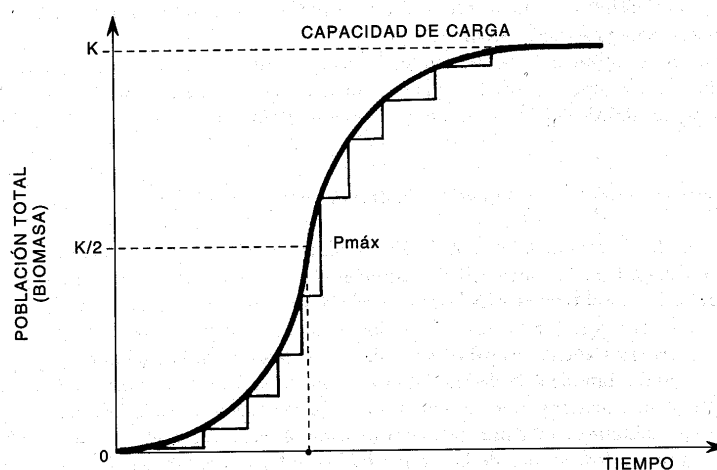


Figura 2.5 Capacidad de Carga..Crecimiento logístico de población de especies.

Fuente: Conway, G., *Applying Ecology*, 1993. Tomado de Luis M. Jiménez Herrero, Op.cit. p. 78.

En la actualidad se ha alcanzado un elevado N , con lo que se ha de reducir el C para evitar la disminución de K_L . Pero el viejo paradigma progresa, aumentando el C sin límite, ya que identifica progreso con el imperativo de crecimiento. El significado de progreso para el viejo paradigma es: *Usted puede consumirlo todo*.

Pensaremos en el consumo desde el punto de vista 3 niveles. El primer nivel, es el Requerimiento Diario Mínimo (C_{MDR}) o el nivel de consumo raso de supervivencia. El siguiente nivel es el Descuento Diario Recomendado (C_{RDA}) o el nivel amplio de subsistencia de consumo, proveyendo los medios para una buena salud y una robusta confianza sobre el futuro. El tercer nivel no es tanto un nivel sino una tendencia, el fin

del viejo paradigma ya mencionado, que define el progreso como Usted Puede Consumirlo Todo, sin límite (C_{AYCC}). Se puede llamar a este consumo ilimitado.

La comprensión de la sucesión $C_{MDR} < C_{RDA} < C_{AYCC}$ es absolutamente necesaria para comprender la condición actual de las especies humanas y encarar el desafío de la planificación de la tecnología. La diferencia $C_{AYCC} - C_{RDA}$ es el consumo excedente del que disfrutan las poblaciones industrializadas, y el aumento de esta es el objetivo principal del viejo paradigma.

Cuando cualquier cosa crece con un porcentaje en una unidad de tiempo, tenemos un efecto de interés compuesto del que resulta un crecimiento exponencial. Aunque puede haber excepciones temporales debido a mejoras en la eficiencia, en general nosotros podemos suponer que con ese consumo de recurso aumente directamente el rendimiento económico. La figura 2.6 muestra el crecimiento exponencial desde el punto de vista de la carga de recurso L como una función del tiempo t , así $L = L_0 e^{rt}$ con L_0 como valor inicial de L , r clasificado como el crecimiento específico y e como la base de logaritmos naturales.

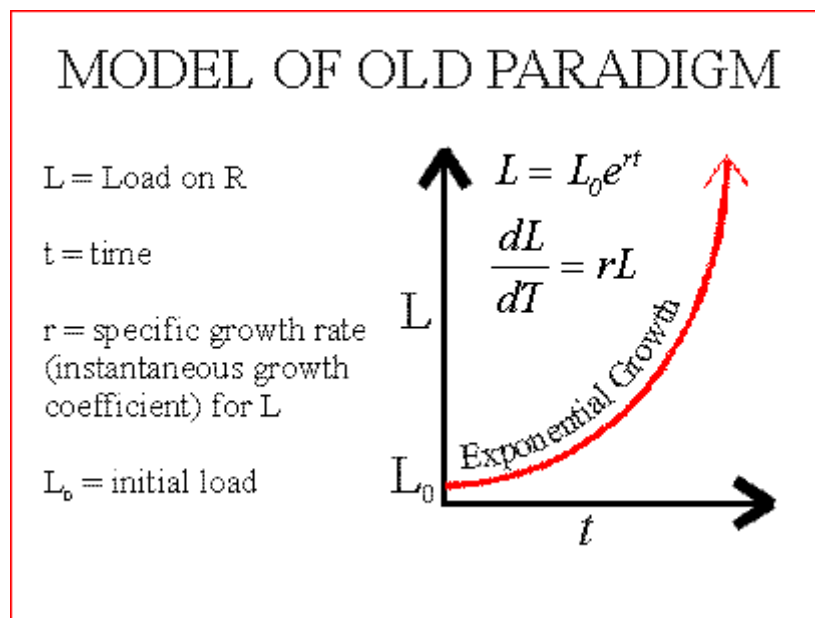


Figura 2.6. Modelo del viejo paradigma. Fuente Cohen 1996

El consumo humano de recursos en el mundo está, ahora, sobre una curva exponencial de crecimiento, y se ha de estabilizar antes de que se sobrecargue la totalidad de la tierra K_L . Para comprender la naturaleza de este problema más claramente, se necesita comprender la relación dinámica entre L y K_L . Ya que la población biológica es la fuente definitiva de la que se deriva K_L , se necesita examinar brevemente la definición de capacidad de carga de población (K_N).

La capacidad de carga de población K_N es la máxima población soportada observada indefinidamente en un ambiente determinado (hábitat) R . K_N es por lo tanto la capacidad de carga de población de ese hábitat para las especies bajo consideración. En otras palabras, K_N es la población máxima que se encuentra indefinidamente existiendo en las condiciones dadas para el ambiente determinado R . Se puede representar como el límite K_N que tiene la curva logística, que muestra la Figura 2.7; la cual presenta una asíntota cuando la población N aumenta a través del tiempo bajo la influencia de algunos factores limitadores condicionantes.

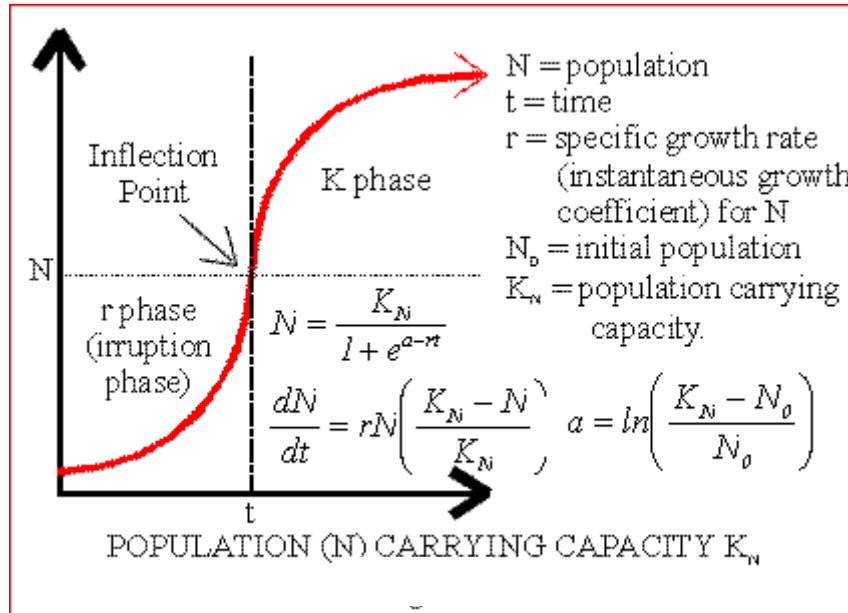


Figura 2.7 Capacidad de carga. Fuente Cohen 1996

La curva de la Figura 2.7 es un modelo simplificado de lo que sucede cuando las especies entran en un nuevo ambiente, donde los recursos son suficientemente abundantes para soportar el crecimiento de N , sin ninguna limitación inicial en la

reproducción. Sin la limitación, el crecimiento de población inicial es por supuesto positivamente exponencial, representada en la Figura 2.8 por la fase r de la curva, también llamada la fase interrumpida. A medida que los condicionantes comienzan a operar, la curva pasa por un punto de inflexión que indica que el crecimiento de la fase r cambia al crecimiento de la fase k, y llega como límite a una asíntota de capacidad de carga K_N . K_N refleja la densidad de equilibrio de unas especies, ya que si nosotros consideramos como $R = \text{área de hábitat}$, la densidad de equilibrio puede definirse como K_N/R en la naturaleza.

Una de las interpretaciones de K_N es como el valor de población N que no puede aumentar, porque el número de individuos es tan grande que el acceso a algún recurso en particular R se satura y algunos individuos son demasiado pobres en el recurso para reproducirse o hasta para sobrevivir; debido a la insuficiencia de algún tipo de R , el valor de la muerte alcanza el valor del nacimiento y N se estabiliza en un K_N que refleja una condición general de privación y miseria demasiado grande para permitir cualquier aumento adicional de N . Se usa el término limitación o saturación Maltusiana(1) K_N para designar los casos en que K_N se debe a una saturación del acceso a algún R , ocasionando una completa privación de material. En una población limitada Maltusiana, la mayoría los individuos viven en un C_{MDR} nivel de supervivencia.

El K_N es necesariamente determinado por la cantidad de algún recurso limitado. El ecologista Eugene Odum sugiere que, típicamente las poblaciones naturales se limitan ellas mismas en una forma autorreguladora que sirve para protegerse del apuro de una privación extrema de material. El término autorregulador K_N puede designar el tipo de proceso limitador. Las especies humanas deben apuntar a colocar un K_N autorregulador y mantenerlo de acuerdo con determinadas normas culturales de comportamiento. Solo un K_N humano autorregulador muy corto de cualquier limitación Maltusiana permitirá que los humanos existan indefinidamente en un nivel C_{RDA} materialmente suficiente. Sin embargo, no se debe imaginar que la población global pueda llamar la atención como un agregado en un proceso por alcanzar K_N ; el proceso actual solo puede tener lugar localmente, la comunidad por la comunidad autorreguladora.

El propósito principal del viejo paradigma de ingeniería ha estado crear las tecnologías que permitían continuar evadiendo cualquier límite K_N estabilizado sobre la población

humana, principalmente por usar energía de fuentes no renovables. Ahora surge la pregunta: ¿cómo se puede mantener el consumo humano de recursos dentro de límites ecológicamente razonables?

La curva K_N da la idea de capacidad de carga, una simple forma matemática que se puede aplicar a cualquier proceso similar de crecimiento limitado. Obviamente, se puede imaginar una curva logística similar para el crecimiento L , de esta forma dando una concepción de sostenibilidad formulada en la relación dinámica al creciente exponencial humana L a que nosotros nos enfrentamos en la realidad. La figura 2.8 retrata la capacidad de carga de recurso K_L como el límite asimptótico de un proceso de crecimiento L sujeto a la limitación creciente cuando L llegue a ser más grande.

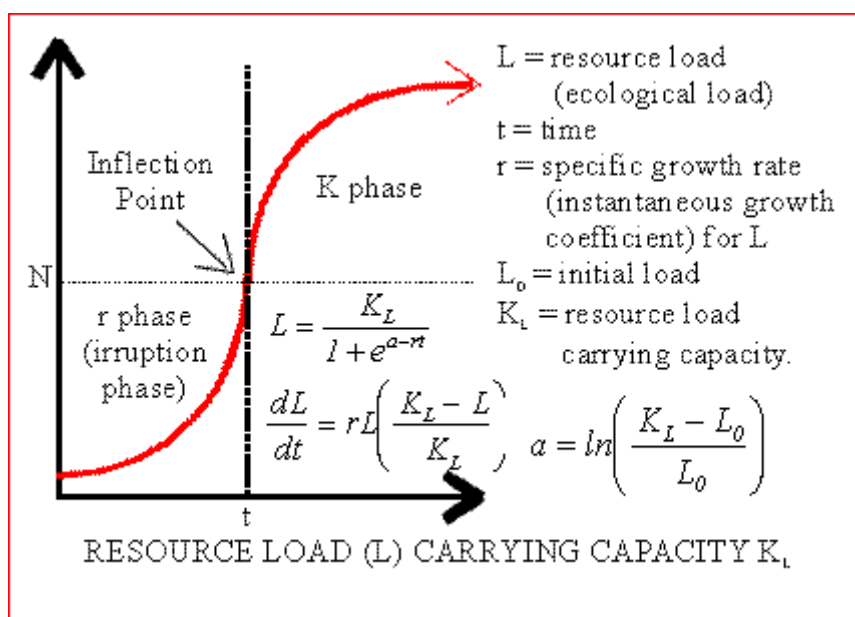


Figura 2.8 Capacidad de carga. Fuente Cohen 1996

La curva de crecimiento en la Figura 2.8 ayuda a entender mejor qué implica K_L , ya que da una manera para prever la sostenibilidad en términos dinámicos como la culminación de un desarrollo que se revela en tiempo; el cambio del uso humano de recursos de la fase r a la fase k. Ahora se puede observar el comportamiento social de la fase k, necesario para mantener la causa humana L permanentemente por adelante de algún límite superior K_L crítico; es el nuevo paradigma, más concisamente constatable como $L < K_L$. Ese comportamiento es el significado de sostenibilidad. Este cambio social requiere un cambio del enfoque, que debe ahora generar tecnologías de fase k más que

de fase r. Por lo tanto, podemos observar de la curva logística crecimiento L como la representación dinámica del nuevo paradigma. Desde este modelo que retrata L como una función de tiempo, se puede pensar ahora en la sostenibilidad como un proceso en que la sociedad humana participa mediante una nueva ingeniería, apropiada para este proceso.

Para comprender la base de la nueva ingeniería, se debe comprender claramente la diferencia entre K_N y K_L . Se necesita enfatizar que el valor real de K_N para una población verdadera es un valor empírico llegado después del hecho de observar una situación; contando la constante de estado N que se desarrolla bajo condiciones determinadas. En efecto, K_N simplemente refleja el comportamiento de N, considerando que K_L debe determinar el comportamiento de L. K_L debe determinarse de una forma enteramente diferente de la manera en que se determina K_N . No se puede averiguar K_L simplemente observando L, porque el valor de L de un recurso R sufre un daño permanente y K_L disminuye como se muestra en la Figura 2.4, una pérdida que es lo que quiere evitar en la totalidad la ingeniería sostenible. Mucha gente da por sentado que las poblaciones naturales están siempre limitadas solo por las limitaciones de Maltus, para que la completa privación material sirva como la única cosa que mantiene a las especies del exceso de su K_N observado; pero las poblaciones naturales normalmente se limitan ellas mismas en una forma autoreguladora que sirve para protegerlos del apuro de la privación extrema de material. Por lo tanto, se debería suponer que un determinado K_N necesariamente refleja los límites alcanzados de qué recursos disponibles puede proporcionar la sostenibilidad. Esto es por que necesitamos una base diferente, una base de recurso orientado, para indicar los límites que pueden proporcionar los recursos. K_L es la base.

Lo más crucial de todo es que K_L no refleja simplemente el comportamiento de L; K_L refleja la capacidad de R para soportar L. Si la población N gana acceso a más recursos, puede quizás establecer un K_N más alto, pero no hay manera de aumentar la K, de un determinado recurso. K_N puede aumentar o disminuir, pero el K_L de una particular R solo puede disminuir. K_L depende de las capacidades fisiológicas de recurso, que están limitadas.

El ecologista Eugene Odum sugiere que en la naturaleza, la existencia de un K_N para

determinadas especies no significa que las especies hayan alcanzado lo que nosotros llamamos el límite K_L de sus recursos para resistir el impacto, porque la mayoría de las especies han coevolucionado con las especies suplementarias de recurso y han desarrollado los modelos de comportamiento que tienden a aumentar al máximo el coevolucionado sistema para el beneficio mutuo de todas las especies dentro de él. Por lo tanto, la máxima L que las típicas especies ponen en sus recursos esta significativamente por debajo del valor de K_L para estos recursos. Odum indica que en una coevolucionada relación estable entre la población de especies N y el recurso renovable R , la carga impuesta por N sobre R no aumenta más que la carga máxima $L_{max} < K_L$, tal que siempre hay un margen confortable $K_L - L_{max}$, a lo que podríamos llamar como el margen de calidad del sistema, que se muestra esquemáticamente en la Figura 9. Se puede dar por sentado que como $K_L - L_{max}$ va por debajo de algún valor mínimo, la calidad total del sistema llega a ser precaria; esto es lo que se quiere decir cuando se dice que $K_L - L_{max}$ es el margen de calidad del sistema.

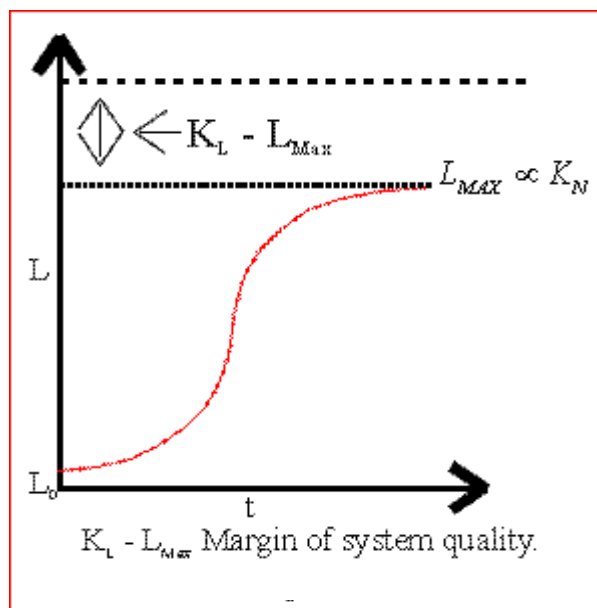


Figura 2.9 Fuente Cohen 1996

En un coevolucionado sistema natural, una población estable K_N debe implicar un establecimiento espontáneo de $L_{max} < K_L$ que la población K_N pone sobre los recursos R que lo sostienen, porque $L > K_L$ ocasiona una declinación permanente en R , que eventualmente no podría sostener más a N en el determinado nivel K_N . Además, recordando que $L = C \times N$, se supone que las especies no humanas incrementan L solamente incrementando N , desde que la fisiología natural de individuos en cualquier

especie natural coloca un valor natural máximo de consumo per cápita C_{\max} que no cambia. Se puede suponer que desde el punto de vista de cualquier R que sostiene a las especies naturales, $C_{\max}-C_{RDA}$ para estas especies es insignificante. La capacidad de la industria humana para complacer un ilimitado consumo per cápita C_{AYCC} exacerbó tremendamente el problema humano.

El fin fundamental del nuevo paradigma es el que debe sostener el sistema de vida de la tierra, que significa que la ingeniería sostenible tiene que enfocarse en las necesidades de R y tiene que prestar atención a esas necesidades en cuanto a suplantar las demandas para la producción de mercancías. La ingeniería sostenible no solo debe suponer que cualquier determinada R varía inversamente con el incremento de L , y que para cada tipo de R hay un K_L más allá del cual la capacidad de R para resistir L disminuye, pero también que para cada R hay algún valor mínimo R_{vital} más allá del cual R termina y desaparece enteramente.

Se puede postular un nivel un poco más alto, R_D , como un umbral de peligro que indica un nivel sumamente precario de vulnerabilidad a fluctuaciones ambientales que pueden reducir repentinamente un R renovable por debajo de R_{vital} .

Por encima de R_D , puede postularse un nivel R_K inversamente proporcional a K_L ; cualquier reducción por debajo de un R_K existente puede ser irreversible en el tiempo del orden de una vida humana o más larga, pero mientras el resultado del nuevo R_K permaneciera significativamente más grande que R_D , la reducción no podría amenazar la extinción del recurso. Por encima de R_K se puede suponer un confiablemente mínimo R_{\min} sostenible, inversamente proporcional a $L_{\max} < K_L$, que permitiría razonablemente un rebote rápido a valores más altos de R cuando L se reduce. Aunque hacer aplicar estas ideas a recursos específicos requieran un trabajo considerable, inmediatamente proveen un claro y delimitado marco para razonar sobre las implicaciones de recurso existente o de aplicaciones tecnológicas propuestas. Este marco, retratado en la Figura 2.10, permite el nuevo paradigma del ingeniero para concebir directamente la sostenibilidad en términos de R : en términos del mismo recurso, la sostenibilidad es una condición tal que $R > R_K$. Mantener $R > R_K$ ha conseguido ser el interés definitivo de la ingeniería sostenible.

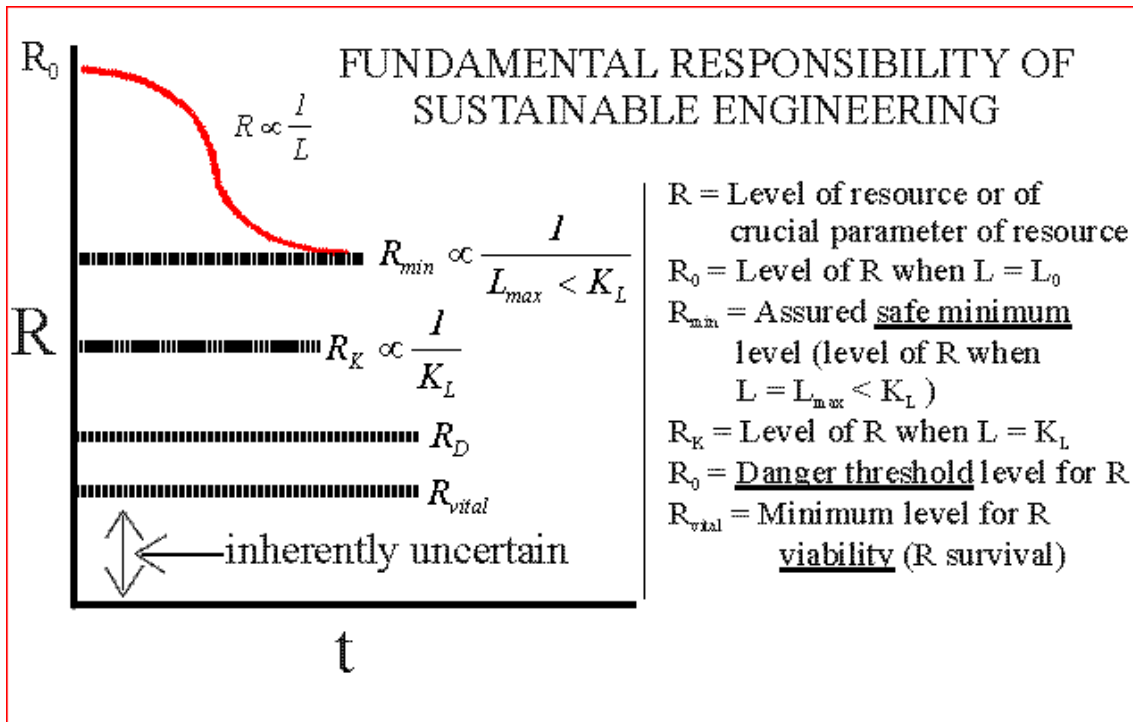


Figura 2.10 Responsabilidades Fuente Cohen 1996

Por supuesto, las actividades prácticas del ingeniero inevitablemente crean una carga ambiental, mientras la cuestión práctica de la ingeniería sostenible debe pensar desde el punto de vista de controlar la carga para asegurar que $L_{max} < K_L$. Entonces, desde el punto de vista de la carga, la última idea que guía la idea de la ingeniería sostenible tiene que proporcionar los medios usufructuarios para la especie humana para vivir en términos de $L_{max} = C_{RDA} \times K_N$ con respecto a la R del planeta tierra, para que el margen de calidad de la tierra $K_L - L_{max}$ sea siempre suficientemente grande para asegurar que la alta calidad ambiental del planeta continúe.

Los sistemas naturales tienen un valor intrínseco, que se ha de mantener aparte de cualquier interés que se pueda tener. Esta es una razón adicional de por qué K_L no puede calcularse exactamente: no se puede cuantificar el valor intrínseco de R . K_L no es un límite maltusiano; es una forma cuantificable de representar una decisión con respecto a nuestro propio comportamiento. Tal decisión debe derivar finalmente en un compromiso no cuantificable hecho no con el propósito de una ventaja material. K_L representa un compromiso no una conveniencia máxima para nosotros mismos, pero si una calidad máxima para nuestro mundo.

El límite de K_L es en sí una concepción cuantitativa que nos permite contrastar mediante

una imagen la cuantificable diferencia entre ingeniería insostenible y sostenible. Nótese que la fase r de la curva logística en la Figura 2.9 es análoga a una curva de crecimiento exponencial. Esta fase r representa el comportamiento escogido por nosotros respecto al ambiente (R) desde el inicio de la agricultura, a pesar del peligro de la carga ilimitada sobre R, y especialmente desde el inicio de la tecnología industrial, que ha incrementado la L humana en una continua marcha acelerada. El estrecho enfoque del viejo paradigma de la ingeniería que ha planificado tal tecnología, se podría llamar la fase r de la ingeniería, una ingeniería que piensa estrictamente desde el punto de vista de las metas de la producción. Parecido al proceso inicial de crecimiento exponencial que se representa en la Figura 2.9, la fase r de la ingeniería es inherentemente insostenible, desde que la razón de su existencia es proyectar la fase r de la tecnología. Si se continúa la fase r de la ingeniería y se ignora la necesidad de establecer el límite K_L , se conseguirá una primera experiencia de más de un tipo de curva L (la curva accidentada, como se muestra en la Figura 2.11).

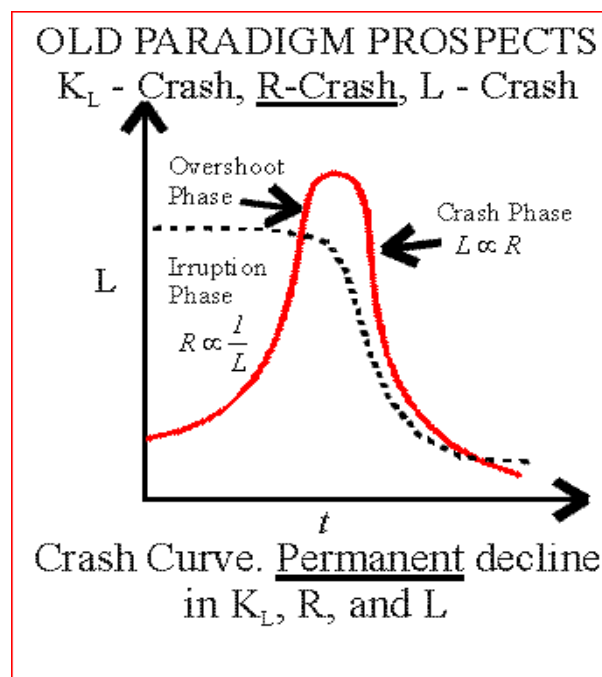


Figura 2.11 Prospectiva. Fuente Cohen 1996

La figura 2.11 retrata como K_L decae cuando L excede a K_L , porque R esta permanentemente dañada y su capacidad para soportar L permanentemente disminuye. Nótese que en la fase de irrupción, R es inversamente proporcional a L ya que el

aumento en L ocasiona inicialmente una declinación reversible en $R > R_K$ (ver también Figura 2.10), pero en la fase de choque, L es directamente proporcional a R ya que la disminución en L es paralela a la disminución irreversible de $R < R_K$. Así, debido a la precipitada extensión de compresión (disminución extrema de K_L y R), así L cae rápidamente como había subido, pero ahora no hay ningún recurso fundado para volver a ascender nuevamente. Si K_L se redujese lo suficiente, no puede haber la suficiente base de recurso para la supervivencia de la especie humana en un nivel mínimo C_{MDR} . Ni puede la explotación extraterrestre de R , propuesta por algunos como un remedio para el agotamiento de los recursos terrestres, compensar la devastación ecológica de la tierra, especialmente si los cruciales procesos geofísicos están fracasados.

La alternativa, por supuesto, es la fase k de ingeniería, que basa la planificación tecnológica en la necesidad de mantener L por debajo de K_L , que se muestra en una forma simplificada por la fase K de la Figura 2.9. El resultado es la fase k de la tecnología.

Muchos de los desarrollos de la fase k pueden ser enormemente rentables. La fase k de la ingeniería es una filosofía de planteamiento que apunta no solamente a sostener R , si no que por medio de este sostiene una oportunidad y libertad máxima para todos, evitando la serie de compresiones que disminuyen hoy los recursos.

Las metas de la fase k de producción deben subordinarse a la meta de sostener los recursos renovables sobre la que depende la posibilidad de la producción futura, porque la fase k de ingeniería reconoce que cada aumento de producción es un aumento de carga ambiental, y el ambiente tiene límites para la carga que puede sostener. La vieja forma de la fase r de ingeniería da a la producción inmediata el beneficio de la duda, y exige una demostración del daño ambiental existente antes de retenerse. Pero el posible daño ha llegado a ser demasiado grande. La fase k de ingeniería da a la tierra el beneficio de la duda. Esto es la totalidad de la ingeniería sostenible, la única base para la elección verdadera en decidir como tendría que ser el futuro.

(1) Maltusiana: Partidario del Maltusianismo. Restricción voluntaria de la procreación o de la producción de bienes.

En cuanto a la restricción voluntaria de la procreación, el término Maltusianismo hacía referencia a las prácticas de control de la natalidad destinadas a limitar los efectos de la escasez de bienes de subsistencia cuyo origen se halla en las teorías de la población de Maltus.

2.7.1. La termodinámica de procesos irreversibles y la teoría del caos, rutas para establecer las vías de sostenibilidad

“El planeta tierra ha pasado por diferentes estados evolutivos. Ahora, a finales del siglo XX la tecnoesfera introduce nuevos elementos de cambio muy significativos en la biosfera, que condicionan su propia supervivencia. La termodinámica clásica no permite explicar estos procesos evolutivos, dentro de los cuales habrá que situar los criterios de sostenibilidad; pero, la termodinámica de los fenómenos irreversibles viene a resolver esta situación al estudiar los sistemas estacionarios y las estructuras disipativas, modelos que nos explican las situaciones de los sistemas fuera del equilibrio en los que deben establecerse las vías de sostenibilidad.” (García, J., 1995).

2.8 Sistemas abiertos

“Se denomina sistema a aquella parte del universo que tomamos en consideración”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

Según Margalef “un sistema es un conjunto que se puede descomponer, aunque sea idealmente, en elementos que no son independientes los unos de los otros. En realidad, nada escapa a esta definición. Todo componente tiene su capacidad de cambio limitada por el hecho de pertenecer a un sistema; tal limitación afecta al conjunto de las probabilidades de cambio, de forma que los futuros estados se hacen más predecibles, o más influidos por el estado actual del sistema que es necesario vencer”(Rueda,S., 1995a).

Es decir, ”un sistema es todo aquello que se puede disecar, donde reconocemos partes separadas que actúan unas sobre otras. El sistema cambia con el paso del tiempo, pero

conserva su propiedad invariable.

Un sistema se concibe compuesto de elementos y de interacciones que ponen en relación unos elementos con los otros. El resultado de estas interacciones es que, suponiendo que persistan, no podemos decir que los futuros estados sean completamente indeterminados o al azar. Lo más importante es la existencia de restricciones, que de alguna manera limitan el ámbito dentro del cual se sitúan los futuros estados”(Rueda,S., 1995a).

Habitualmente, se distinguen varios sistemas: sistemas aislados, cerrados y abiertos.

Un sistema es aislado cuando no experimenta ningún intercambio de energía ni de masa con su entorno. Si experimenta intercambio energético pero no de masa, el sistema es cerrado y si intercambia masa y energía con el entorno se dirá que el sistema es abierto.

Los sistemas vivos no son sistemas aislados sino que intercambian energía y masa con el mundo exterior: comen, respiran, excretan...”Un sistema vivo muere poco después de ser aislado”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

Según J.M. Rueda (1995), un sistema abierto significa que:

- Entra en intercambio con el ambiente.
- Este intercambio es esencial para mantenerse el sistema.
- De este intercambio depende, además, su capacidad reproductiva o de continuidad, así como su capacidad de transformación.
- El medio es tan importante como el sistema.
- De hecho, medio y sistema constituyen subapartados de un sistema más amplio.
- La transacción sistema medio-medio sistema constituye el fenómeno más importante.

“Los ecosistemas son sistemas abiertos, son sistemas que requieren energía exterior para el mantenimiento de su estructura y pervivencia. Sin la energía suficiente el sistema no puede más que degradarse, sin este flujo energético se produce un desorden organizativo que representa una decadencia rápida”(Rueda, S.,1995a).

“La biosfera como un todo es un sistema abierto en el que los circuitos acuosos, gaseosos y minerales intercambian sustancias y disipan energía. Se puede considerar sin embargo, que el sistema global está formado por subsistemas comprendidos en otros subsistemas de manera que la definición de éste tiene, intencionadamente, unos límites arbitrarios. El hombre, sus máquinas, sus redes de comunicación y monetarias son parte del ecosistema y forman parte, también, de sus diagramas energéticos y de información.

La mayoría de las fracciones de un sistema que se estudian como ecosistemas son también parte de otros ecosistemas mayores y, al mismo tiempo, contienen partes más pequeñas que se pueden estudiar como ecosistemas” (Rueda, S., 1995a).

2.8.1 Termodinámica de procesos irreversibles

La termodinámica es la ciencia clave para la comprensión y descripción general de la evolución de los sistemas.

“Los sistemas vivos en general y los sistemas donde participa el hombre en particular son áreas donde la termodinámica muestra su mayor impacto ya que son los que contienen el mayor grado de complejidad y una línea inconfundible de irreversibilidad en el tiempo”(Rueda, S., 1995a).

El primer principio postula la conservación de la energía total de un sistema en el transcurso de sus transformaciones.

$$\Delta U = q + w$$

q: Calor ganado por el sistema al pasar de un estado A a un estado B.

ΔU: Variación de energía interna del sistema.

W: Trabajo realizado sobre el sistema.

Se consideran w y q positivos si se realiza trabajo sobre el sistema (se comprime) y si se le da calor.

Ahora bien, esta primera ley no tiene en cuenta el factor de la irreversibilidad en el tiempo. No fija ningún sentido en la evolución de los procesos, en contraste con lo que se observa en la naturaleza donde aparecen sentidos preferentes (el calor se transmite de caliente a frío).

Con el segundo principio de la termodinámica, "se aporta la irreversibilidad del tiempo, y con ella una dirección bien definida para las evoluciones del sistema"(Rueda, S., 1995a).

La formulación matemática de la segunda ley, debida a Clausius (1865), introduce una nueva función de estado, **la entropía**, definida como:

$$S_B = S_A + \int (dq_{rev} / T)$$

S_A : Valor asignado a la entropía de referencia del estado A.

S_B : Valor asignado a la entropía de referencia del estado B.

T: Temperatura absoluta.

dq_{rev} : Calor intercambiado en un proceso reversible ideal.

El segundo principio aporta, con esta primera formulación un criterio de evolución hacia el futuro y adquiere una fuerza especial con la interpretación estadística de Boltzman.

Boltzman relacionó la entropía S de un estado cualquiera de un sistema con el número w de microestados compatibles con el macroestado, según la relación:

$$S = k \cdot \ln W$$

$$k = \text{Constante de Boltzman} = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

Según la interpretación de Boltzman, la naturaleza tiende hacia el desorden, si interpretamos como desorden el número de microestados accesibles.

“La entropía es la medida de hasta qué punto la energía disponible en cualquier subsistema del universo está cambiando a una forma no utilizable”(Rifkin, J. y Howard, T., 1990).

2.8.2 Los sistemas estacionarios fuera del equilibrio

Uno de los objetivos de la termodinámica lineal de procesos irreversibles es el estudio de los estados estacionarios fuera de equilibrio.

“Los sistemas vivos no están en equilibrio sino fuera de él. Un sistema en equilibrio es un sistema muerto” (Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

La diferencia entre un estado de equilibrio y un estado estacionario fuera de equilibrio radica en que para mantener este último hay que suministrar continuamente energía al sistema, lo cual no es necesario cuando el estado es de equilibrio.

2.8.3 Mínima producción de entropía

En general, sabemos que la variación de entropía dS está definida por:

$$dS = dq_r/T$$

donde dq_r es el calor intercambiado entre el sistema y el medio cuando aquel evoluciona de forma ideal y reversible desde el estado inicial al estado final. Si en vez de utilizar el calor dq_r intercambiado en el proceso ideal reversible, utilizáramos el calor dq intercambiado en el proceso real, tendríamos:

$$dS \geq dq_r/T = d_e S$$

La igualdad se aplica sólo si el proceso es reversible. Hemos denotado como $d_e S$ el intercambio de entropía del sistema con el exterior. La desigualdad puede escribirse en forma de igualdad como:

$$dS = d_iS + d_eS$$

Donde dS representa la entropía producida en el propio sistema. Esta igualdad expresa que la entropía del sistema puede variar por dos motivos: 1) por transporte de entropía a través de las paredes del sistema (d_eS) (este intercambio puede ser positivo, si entra entropía desde el exterior, o negativo, si el sistema cede entropía al exterior) y 2) hay una producción o creación de entropía en el interior del sistema (d_iS) (este término, según la segunda ley de la termodinámica, ha de ser positivo). En un proceso reversible, $d_iS=0$, es decir, la variación de entropía se debe exclusivamente al intercambio con el exterior, sin que la entropía total aumente. En un proceso irreversible, en cambio, $d_iS \geq 0$. Obsérvese que en un sistema aislado, en el cual es imposible un intercambio con el exterior, $d_eS=0$.

Entonces, recuperamos el criterio, según el cual en un sistema aislado la entropía sólo puede crecer.

“La segunda ley no afirma que la entropía siempre tenga que crecer. Esto sólo es cierto para sistemas aislados. Para los sistemas vivos, la entropía puede disminuir, con la condición de que la del ambiente aumente”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

“Los ecosistemas en situación estacionaria son invariantes en el tiempo, pero su subsistencia es dependiente de inputs permanentes de su entorno, donde además exportan entropía. A diferencia de los sistemas en equilibrios estables, también invariantes en el tiempo, no han alcanzado un máximo estable entrópico y por eso son compatibles con la vida, puesto que los organismos vivos disminuyen su entropía a expensas del entorno”(García, J., 1995).

Prigogine demostró hacia 1945 que en ciertas condiciones (leyes fenomenológicas), la producción de entropía en los estados estacionarios es mínima. Razonó que el término general de la entropía puede dividirse en dos partes. La primera refleja los intercambios entre el sistema y el mundo exterior y la segunda describe qué cantidad de entropía se produce dentro del mismo sistema.

La segunda ley de termodinámica exige que la suma de estas dos partes sea positiva, excepto en el estado de equilibrio, el primer término será tan positivo que, aún siendo negativo el segundo término, la suma seguirá siendo positiva. Esto significa que, sin violar la segunda ley, los sistemas muy alejados del equilibrio pueden experimentar una disminución de la entropía local.

Además tenemos que tener en cuenta que “la producción de entropía está relacionada con la disminución del rendimiento en los procesos reales, en comparación con los procesos reversibles, por lo cual su minimización conlleva en muchas ocasiones una maximización del rendimiento de los procesos”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

2.8.4 Los sistemas estacionarios como modelo de sostenibilidad para su minimización de producción entrópica

"Los sistemas estacionarios ofrecen una producción minimizada de entropía, es la manera de acercarse al máximo a las situaciones más estables de los equilibrios dinámicos presentes en la termodinámica clásica. Por eso éstos últimos se pueden presentar como modelos para los sistemas socioeconómicos actuales en la línea de conseguir criterios de sostenibilidad, ya que la sostenibilidad es una lucha contra la entropía. Debemos recordar como los organismos vivos, deben exportarla continuamente, pero por otra parte, nos interesa no acelerar su producción, ya que el entorno tiene una capacidad limitada de absorberla, dentro de sus ciclos bigeoquímicos"(García, J., 1995).

Todo el proceso evolutivo de nuestro planeta se ha producido a través de mecanismos de bifurcación, en las fluctuaciones de las estructuras disipativas generadas, cuando los estados estacionarios se apartaban de las formulaciones lineales. Pero, si se toma la situación de crisis actual, según el carácter evolutivo antes citado, "podríamos estar frente a una "insostenibilidad" que se resolvería con una nueva etapa evolutiva, donde la especie humana quizás no tendría un lugar para ella, o su formulación sería muy diferente respecto a las formas actuales de vida"(García, J., 1995). Si se quiere evitar esta situación sería necesario según García, J.:

a) Evitar las fluctuaciones desequilibradoras de los estados estacionarios.

b) De producirse un cambio, resultante de un proceso evolutivo, se debería poder controlar la bifurcación hacia un nuevo estado previsto, no solo compatible con las condiciones escogidas para nuestra civilización, sino también dentro de unas expectativas de futuro a largo plazo.

c) Favorecer los procesos ricos en diversidad, puesto que a veces no ofrecen unos rendimientos tan grandes de forma inmediata, pero que ofrecen mayores garantías de estabilidad.

d) Potenciar las estructuras optimizadoras en la captación de energía solar a medio y largo plazo, ya que para mover la biosfera y la tecnoesfera necesitamos energía y ésta, aparte de la gravitatoria y la geotérmica, no nos queda más que la externa solar por ahora utilizada con un rendimiento muy bajo.

El análisis teórico aplicado a la sostenibilidad de nuestro sistema socioeconómico actual presenta dos alternativas, bajo el criterio de García, J.:

1) Una huida hacia adelante hipertecnificada, que produciría cambios muy radicales en la biosfera, donde la biotecnología podría no sólo actuar sobre los ecosistemas, sino también tener la tentación de actuar sobre el genoma humano y donde el hiperconsumo de energía nuclear de fusión, introduciría cambios energéticos difícilmente estables a largo plazo termodinámicamente en nuestro planeta.

2) Un sistema estacionario minimizador de producción de entropía, situado armónicamente dentro de la biosfera, con posibilidad de sostener sus actividades en un periodo aceptablemente largo.

Este último modelo presentaría:

- Una tecnología basada en la energía solar, la más descentralizada posible, (quizás puntualmente reforzada por la energía de fusión), partiendo de una transición

escalonada de los combustibles fósiles actuales.

- Una reconversión de nuestro sistema industrial basado en productos no renovables y limitado a productos de amplia existencia como los silicatos, el carbonato cálcico, el agua, el hidrógeno, los materiales orgánicos naturales,.. donde la producción de nuevos productos por parte de la química estarían sometidos a criterios ecológicos como la biodegradabilidad y el reciclaje y no sólo a los de la rentabilidad inmediata. En el ámbito socioeconómico las ecotasas son ya un primer paso, en la regulación de los problemas ambientales, generados por un sistema productivo no armónico.

- Una agricultura sostenible libre de la hipoteca de los combustibles fósiles, donde la calidad de vida se introduzca como un elemento a tener en cuenta a parte del de la rentabilidad a corto plazo.

- Unos modelos de consumo equilibrado, en el marco de unos nuevos estilos de vida. La telemática tendrá un papel capital, puesto que podrá ayudar a reducir el consumo de muchos materiales no renovables y disminuir el consumo energético.

- Un control de la población.

- Una organización socioeconómica al servicio del conjunto de toda la humanidad con políticas globalistas, pero también con descentralizaciones, puesto que los problemas a resolver, si bien son globales en el ámbito planetario, a la vez presentan singularidades regionales.

- Las líneas básicas de actuación se deberían desarrollar en un proceso gradual de transformaciones, puesto que serán necesarias nuevas formulaciones en los estilos de vida, muy arraigados en los componentes de la población, y además serán necesarias readaptaciones de las estructuras económicas.

2.9 Teoría no lineal

2.9.1. Reorganización estructural de los sistemas estacionarios fuera del equilibrio

Como se ha comentado anteriormente, los sistemas estacionarios fuera del equilibrio pueden disminuir su entropía a expensas de que aumente la del entorno. “Para los sistemas esta disminución se manifiesta como un impresionante aumento de organización interna”(Rueda, S., 1995a).

“Cuando un sistema se va apartando gradualmente del equilibrio llega un momento en que el estado estacionario correspondiente deja de ser estable. Una vez alcanzada esta situación, el sistema se reordena: aparece una “mutación” estructural. Para mantener el sistema en esta nueva configuración hemos de suministrarle continuamente energía, ya que se trata de un estado fuera de equilibrio. Si no le suministramos energía (si el ser vivo deja de respirar) el sistema se acerca hacia el equilibrio y la estructuración desaparece”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

El problema de Bénard ilustra perfectamente, dentro de su simplicidad, la idea fundamental de esta última parte. Consiste en el calentamiento de un fluido de viscosidad η , y densidad ρ mantenido entre dos placas horizontales paralelas separadas una distancia d en general pequeña. Este calentamiento se produce a través de la placa inferior, la temperatura de la cual, T_2 , se puede regular y variar. La temperatura de la placa superior, T_1 , se mantiene constante, mediante algún método de refrigeración.

Si se comienza a calentar la placa inferior, cuando la diferencia de las dos temperaturas alcanza un cierto valor crítico, los efectos ascensionales de la dilatación igualan los efectos disipativos. Para valores de T_1 ligeramente mayores que este valor crítico, predominan los efectos ascensionales y el fluido comienza a moverse. Lo curioso es que este movimiento está perfectamente estructurado: el fluido se divide en células cilíndricas horizontales de convección (Fig.2.12). En ellas el fluido gira en el plano vertical: en algunos puntos, el líquido caliente sube; una vez arriba, se enfría y su densidad aumenta de nuevo induciendo un movimiento hacia abajo.

Vemos, pues, cómo estando suficientemente alejados del equilibrio, es decir, para valores lo suficientemente grandes de la diferencia de temperaturas entre las dos placas,

el sistema se *estructura espontáneamente*. Sin embargo, esta estructura desaparece en cuanto dejamos de calentar el sistema, ya que, al eliminar el suministro de calor, la diferencia de temperaturas disminuye, el movimiento cesa y el líquido alcanza finalmente el estado de equilibrio de temperatura uniforme. En otras palabras, “se ha de alimentar continuamente el sistema para que éste pueda mantener su estructura espontánea. En cuanto dejamos de alimentarlo, su estructura comienza a difuminarse, el sistema “muere”, y se alcanza el estado de equilibrio”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

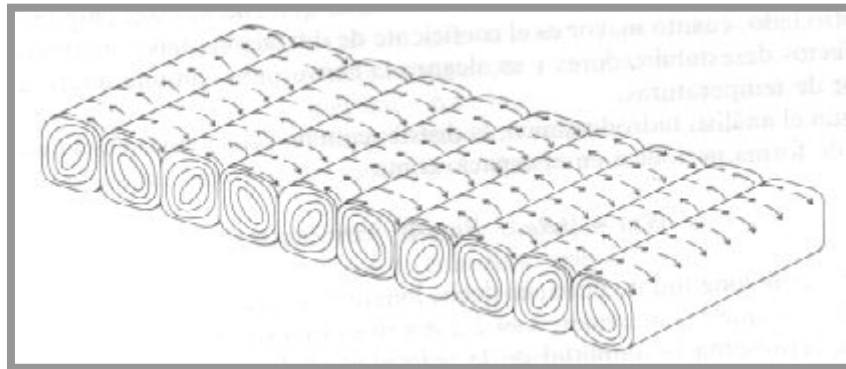


Figura 2.12

Para destacar la conexión entre los procesos autoorganizativos y la gran producción de entropía, Prigogine llama a tales relaciones sistemas “disipativos”, en oposición a las estructuras conservativas de equilibrio. “Al utilizarla para hacer notar la aparición espontánea de la estructura organizada, Prigogine destacó el importante papel positivo que puede desarrollar la producción de entropía”(Hayles,N.K., 1993).

E. Morin en 1994 establece, para los ecosistemas, dos aspectos capitales: el primero plantea que las leyes de las organizaciones complejas autoorganizativas no son de equilibrio, sino de desequilibrio, de dinamismo estabilizado; el segundo aspecto formula que la inteligibilidad del sistema ha de encontrarse no solamente en el propio sistema, sino también en su relación con el ambiente, y esta relación no es una simple dependencia, sino que es constitutiva del sistema.

Según Margalef, “ningún acontecimiento pasa sin dejar huella. Si por un lado se contabiliza como un aumento de la función entrópica, se puede reconocer, por otro lado,

bajo la forma de alguna modificación en la estructura material donde se ha producido el cambio irreversible, es decir, la creación de historia”(Rueda,S., 1995a).

2.9.2. La complejidad de los sistemas

“Los sistemas simples se comportan de manera simple. Mientras estos sistemas pudieran reducirse a unas pocas leyes, bien entendidas y totalmente deterministas, su conducta a largo plazo sería estable y predecible” (Gleick,J.,1988).

En cambio, los sistemas complejos, entendiendo la complejidad no sólo como “cantidades de unidades y interacciones que desafían nuestras posibilidades de cálculo sino que además intervienen incertidumbres, indeterminaciones y fenómenos aleatorios”(Rueda, S., 1995a) están ligados “con los sistemas semialeatorios y su orden es inseparable al azar”(Rueda, S., 1995).”El comportamiento complejo implica causas complejas”(Gleick, J., 1988).

Por tanto, la complejidad es, según Morin ” el tejido de acontecimientos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, y azares que constituyen nuestro mundo fenoménico.”(Rueda, S., 1995a).

Y de hecho “se hace evidente que la vida es un fenómeno de autoorganización compleja que produce autonomía; los ecosistemas donde forman parte los organismos vivos también son sistemas complejos donde la organización y el desorden son caras de una misma moneda donde la incertidumbre es consubstancial a su realidad fenoménica, donde el orden depende de un sistema más amplio que le proporciona la materia, la energía y la información para su reestructuración continua hacia un nuevo orden”(Rueda, S., 1995a).

“La complejidad florece en nuestro mundo, y quienes recurren a la ciencia para entender de modo general los hábitos de la naturaleza quedarán más satisfechos con las leyes del caos”(Gleick, J., 1988).

2.9.3. Aún más lejos del equilibrio. Rutas hacia el caos

“Si definimos un cierto parámetro β que describe el alejamiento del sistema respecto del equilibrio (por ejemplo un gradiente de temperaturas), se llega a un valor β_1 que determina una situación caracterizada por una *frecuencia* o una *longitud de onda* bien definidas. Al seguir aumentando el parámetro β_1 se llega a un valor β_2 , en el cual el estado caracterizado por una sola frecuencia se hace inestable; en su lugar, aparece un estado caracterizado por dos frecuencias no conmensurables f_1 (la inicial) y f_2 (la nueva). Esta situación se puede ir repitiendo diversas veces para valores $\beta_3, \beta_4, \beta_5, \dots$ de manera que iremos pasando por estados cada vez más complicados”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

Un ejemplo de este comportamiento se encuentra en el problema de Bénard; “al aumentar la diferencia de temperaturas entre las placas que limitan el fluido, aparecen primero unos cilindros de un diámetro dado. Al alcanzar una segunda diferencia de temperaturas crítica (el parámetro β , en este caso), estos cilindros adoptan, vistos desde arriba, una forma sinusoidal, con una longitud de onda característica, y así sucesivamente”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989). El esquema de este tipo de fenómenos o *cascada de bifurcaciones* es el que aparece en la figura 2.13

“Durante mucho tiempo se creyó que los valores críticos $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$, etc, del parámetro que representa la distancia al equilibrio (gradiente de temperaturas) en el que se producen la primera, segunda, tercera... eran propiedades específicas de cada sistema, sin ninguna característica globalizadora.

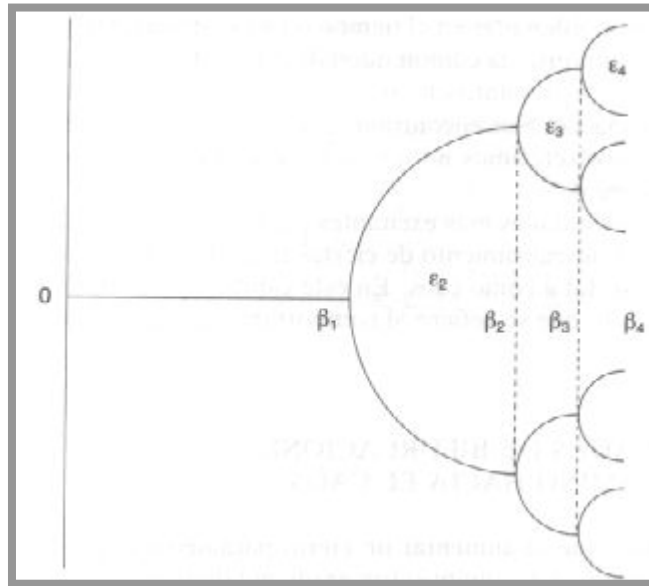


Figura 2.13 Cascada de bifurcaciones. Fuente: Jou, D. y Llebot, J.E., 1989

Sin embargo, el año 1975, Mitchell Feigenbaum descubrió la relación abstracta, de carácter muy general,

$$\lim \frac{\beta_n - \beta_{n-1}}{\beta_{n+1} - \beta_n} \rightarrow 4,669201\dots$$

y que,

$$\lim \frac{\epsilon_n}{\epsilon_{n+1}} \rightarrow 5,5029\dots$$

donde ϵ_1 es la separación entre las dos ramas procedentes de la $(i - 1)$ ésima bifurcación. Así, el esquema de la cascada de bifurcaciones presenta una serie de características universales, es decir independientes del sistema concreto”(Jou, D. y Llebot, J.E., 1989).

“En la perspectiva de Prigogine, la bifurcación -la encrucijada donde se producen ramificaciones- es un concepto esencial. En un sistema, la bifurcación es un instante vital cuando algo tan pequeño como un fotón de energía, una leve fluctuación en la temperatura externa, un cambio de densidad o el aleteo de una mariposa en Hong Kong se magnifica por iteración hasta alcanzar tal tamaño que se crea una ramificación y el sistema adopta un nuevo rumbo”(Briggs, J. y Peat, F.D., 1990).

“En el curso del tiempo, las cascadas de puntos de bifurcación hacen que un sistema se fragmente (duplicación de períodos) cayendo en el caos. Un sistema que ha pasado por una bifurcación puede resistir nuevos cambios durante millones de años hasta que una nueva perturbación crítica crea un nuevo punto de bifurcación”(Briggs, J. y Peat, F.D., 1990).

Llega un punto, que las opciones que puede adquirir el sistema son tan complejas que los grados de libertad son virtualmente infinitos. En otras palabras, “el orden de la opción es tan elevado que es un caos. Además, cada decisión tomada en un punto de ramificación implica la amplificación de algo pequeño. Aunque la causalidad opera en cada instante, las ramificaciones acontecen imprevisiblemente” (Briggs, J. y Peat, F.D., 1990).

Ahora bien, “los sistemas caóticos como el tiempo son lógicamente imprevisibles pero globalmente estables” (Briggs, J. y Peat, F.D., 1990). Es decir, dentro de los sistemas dinámicos estos se pueden mantener estables hasta que se produzca una perturbación crítica. Y una vez producida, la predicción es imposible. ”Las funciones no lineales implican con frecuencia una incongruencia sorprendente entre causa y efecto, de manera que una causa pequeña puede dar origen a un efecto grande””(Rueda, S., 1995).

“Mínimas diferencias de entrada o input llegan a transformarse rápidamente en enormes diferencias de salida o output, fenómeno que se denominó “dependencia sensitiva de las condiciones iniciales” (Gleick, J., 1988). “Y la dependencia sensitiva de las condiciones iniciales crea en vez de destruir.” (Gleick, J., 1988).

Por tanto “en el mundo no lineal - que incluye la mayor parte de nuestro mundo real - la predicción exacta es práctica y teóricamente imposible” (Briggs, J. y Peat, F.D. 1990).”

“Nuestra percepción de la belleza se inspira en la armoniosa disposición del orden y del desorden, tal como aparece en los objetos naturales: nubes, árboles, serranías o cristales de nieve. Las formas de todos ellos son procesos dinámicos vaciados en figuras físicas. Las tipifican combinaciones especiales de orden y desorden” (Gleick, J., 1988). Todo esto, junto con el descubrimiento que los estudiosos de las dinámicas caóticas, en el que vieron “que el proceder desordenado de sistemas sencillos actuaban como un proceso

creativo” (Gleick, J., 1988), es lo que ha llevado a que “el caos se haya transformado no sólo en teoría, sino en método; no sólo en canon de creencias, sino en una forma de hacer ciencia... se ha convertido en una ciencia experimental para investigadores y matemáticos, en la que el ordenador sustituye los laboratorios repletos de tubos de ensayo y microscopios”. (Gleick, J., 1988)

A partir de la idea de sostenibilidad y con base en sus planteamientos del desarrollo sin afectar a las generaciones futuras, se podría reconsiderar a la biosfera como un ejemplo de sistema para modelizarla. Asimismo, se lograría persuadir la tendencia y el comportamiento que ha de seguir de un modo globalmente sostenible. No obstante, si se toma en cuenta a la tierra como un sistema abierto en energía y cerrado en materiales, es decir, que es más fácil convertir materiales en energía, que energía en materiales, bajo esa perspectiva provocaría que éstos últimos presentasen problemas para una gestión sostenible (J. M. Naredo, 1998). De ahí entonces cabe la necesidad de hacer un planteamiento más próximo a la sostenibilidad, es decir, preservar los recursos y los límites a que podrían llegar. Como una primera aproximación cuantitativa para calibrar la propuesta sería entonces con el apoyo de ensayos sobre modelos matemáticos más sostenibles.

Con base en el estudio que hemos desarrollado sobre las dos teorías antes analizadas, se puede extraer de ellas dos formas de comprender la sostenibilidad. Una tiende hacia un modelo más cercana hacia el planteamiento de las ciencias humanas, que a su vez destaca por su reivindicación naturalista que enfatiza en la teoría de la física e incluso tiene un pensamiento más próximo hacia la perspectiva del método científico (a esta corriente se le identifica como de los “ecologistas científicos”). Por otra parte, existe una segunda corriente ideológica que destaca más por la propuesta desarrollada desde la economía ecológica, a ésta podríamos llamar (de la ecología humana). Esta escuela de pensamiento destaca también por apreciar desde los valores humanos hasta la armonía que podría establecerse entre hombre-naturaleza; al tiempo que sintetiza por enfatizar en la sostenibilidad del medio ambiente y establece un tipo de desarrollo basado en el “no-crecimiento” o en otros términos como el de un “estado estacionario”¹ (Daly, 1989).

¹ Este término es utilizado por Daly bajo la siguiente perspectiva: el estado estacionario de la riqueza y población se mantiene por una entrada de materia-energía de baja entropía (merma) y una salida de igual

Con base en las definiciones generales que abordamos en el capítulo anterior, podríamos destacar algunas ideas que se pueden resumir y/o considerar como modelos de desarrollo para un tipo de crecimiento sostenible. Dentro de las diferentes definiciones creemos oportuno mencionar entre aquellas algunos modelos que han tenido significado a la hora de modelizar las transformaciones de materiales y energía, evitando el deterioro entrópico de la tierra.

Antes de partir a contextualizar algunos parámetros de los modelos de sostenibilidad deseamos dejar patente que, dentro de éstos los planteamientos económicos para el tratamiento de la sostenibilidad se deben más a un proceso de desarrollo, basado en la explotación de los recursos naturales y su transformación para el consumo socialmente aceptado. Aunque existen modelos que no analizan las repercusiones a futuro, sin embargo, el modelo de sostenibilidad basado en el tipo de crecimiento cero, o de estado estacionario, incluso el del crecimiento del presente sin afectar a las generaciones futuras, estén dirigiendo a la priorización del capital natural. Sin dañar ni sobre explotar los recursos finitos de la tierra. No obstante, desde nuestro punto de vista, consideramos que los modelos sólo pueden describir una parte de la realidad, por cierto compleja. En consecuencia, especificar o, modelizar para aproximarnos a los verdaderos fenómenos actuales de contaminación. De ahí pues se harán las simulaciones para el concepto mismo de un modelo o paradigma de una realidad previo a sus variables que se obtienen con base en su cuantificación del objeto de estudio.

Si partimos en hacer un recorrido de los modelos previos a la sostenibilidad, se debe más a un proceso teórico necesario y por cuestión de método de trabajo que, por hacer mención a la estructura y su trasfondo ideológico. En consecuencia, tratamos de ubicar como antecedente un modelo de crecimiento y/o desarrollo basado en la sobre explotación de los recursos naturales de forma ilimitada y; por otro lado, enmarcar el modelo sostenible que niegue a la que le precede en la actualidad. Mientras los modelos que, a nuestro juicio, han incidido en los diferentes campos de la investigación serán revisados para comprender de cerca sus virtudes y defectos.

magnitud de materia-energía de alta entropía (contaminación). Los acervos de riqueza y gente son, al igual que los organismos individuales, sistemas abiertos que se alimentan de baja entropía. Daly 1989.

Aceptando que los modelos juegan papeles de cuantificación de la realidad, desde la perspectiva de tendencias de variables hasta considerar las más representativas dentro de un universo que se desea modelizar. Bermejo nos lo expone de la siguiente manera: a partir de estas variables se diseñan sistemas de ecuaciones que las interrelacionan, de forma que el modelo matemático representa lo mejor posible la realidad. En tanto que una vez establecido los parámetros se pueden simular los cambios, las magnitudes, direcciones y las velocidades. (Bermejo, 1994, 301).

2.10 Modelo del “Factor 4” o la Revolución de la Eficiencia

Antes de pasar a desglosar los puntos nodales del modelo del factor cuatro, consideramos necesario plantear una de las preguntas que hace Ernst Ulrich W. (Weizsäcker, 1997): *¿Qué podemos hacer para parar estas peligrosas tendencias del cambio climático?* Al tiempo que más adelante se replantea sobre la preocupación de los climatólogos en el sentido de que a mediados del siglo que viene tendríamos que haber reducido entre un 60 % y un 80 % las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero.

Lo que plantea entre otras razones sobre la propuesta el factor cuatro podemos destacar: en tanto que va hacia la dirección de reducir el consumo (al menos a la mitad) y nos da un resultado –dice– Weizsäcker, como mínimo para comenzar desde el planteamiento del llamado siglo ecológico o *Siglo del Medio Ambiente* en el milenio que viene. Esta propuesta que fue aceptada para el informe en el Club de Roma junto otros dos autores más escribieron (Armory y Hunter Lovins) en cuyo título del libro: *Factor Four Doubling the Wealth, Halving Resource use* (Factor cuatro: duplicar el bienestar, usar la mitad de los recursos naturales). Según –el factor cuatro– “... *quiere decir que se puede cuadruplicar la productividad de los recursos, es decir, la cantidad de riqueza que se obtiene de una unidad de recursos naturales*”.

El factor cuatro al decir de Weizsäcker, es innovador porque anuncia una nueva dirección para el progreso tecnológico; al mismo tiempo que añade un nombre al proceso tecnológico anterior (con respecto al aumento de la productividad del trabajo), hoy, es la *productividad de recursos*. Desde una estrategia de la revolución de la eficacia para eliminar las peligrosas diferencias, llegar hacia un “*coste negativo*”.

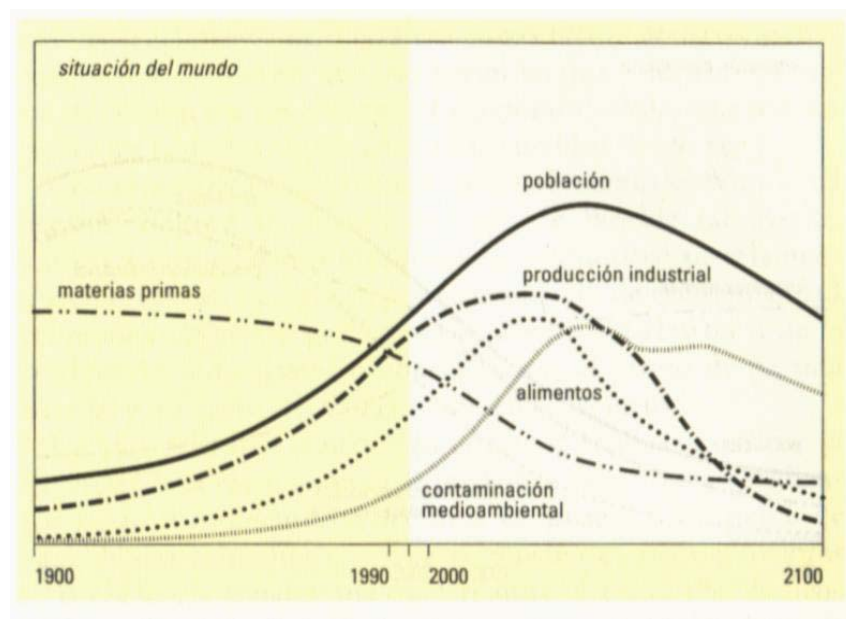


Figura 2.14 Basándose en la hipótesis de un aumento anual del 3% de la productividad de los recursos, Harry, Lehmann, del Wuppertal Institut, llega, con el modelo World3/91, a una estabilización del sistema hasta el año 2150. (los autores dan las gracias a dennis Meadows por el software de World3/91.

Como observamos en la figura 2.14 se necesita analizar si el modelo actual de producción le permitira a las futuras generaciones tener recursos suficiente para sobrevivir.

Desde la perspectiva del modelo del factor cuatro, cabe destacar una palabra clave que el propio autor enfatiza: *reciclaje*; incluso quiere decir también, para el desarrollo sostenible reparación/restauración/modernización sin destruir el cuerpo de la maquina. Ahora bien, para lograr los beneficios del factor cuatro, es necesario llevar a cabo una serie de medidas que incluyen:

- 1) Eliminar las subvenciones para la utilización de recursos.
- 2) Educar al consumidor.
- 3) Gestionar la demanda.
- 4) Reducir los costes.
- 5) Cobrar cuotas altas en concepto de residuos sólidos.
- 6) Hacer auditorías medioambientales.
- 7) Aplicar reformas fiscales ecológicas.

Otras de las formas para lograr avances significativos son: la transformación de las industrias y los servicios automovilísticos, constructores, alimentarios, textiles, de

electrodomésticos, metálicos, químicos y de transporte público, lo que significaría una reorganización masiva de toda la economía.

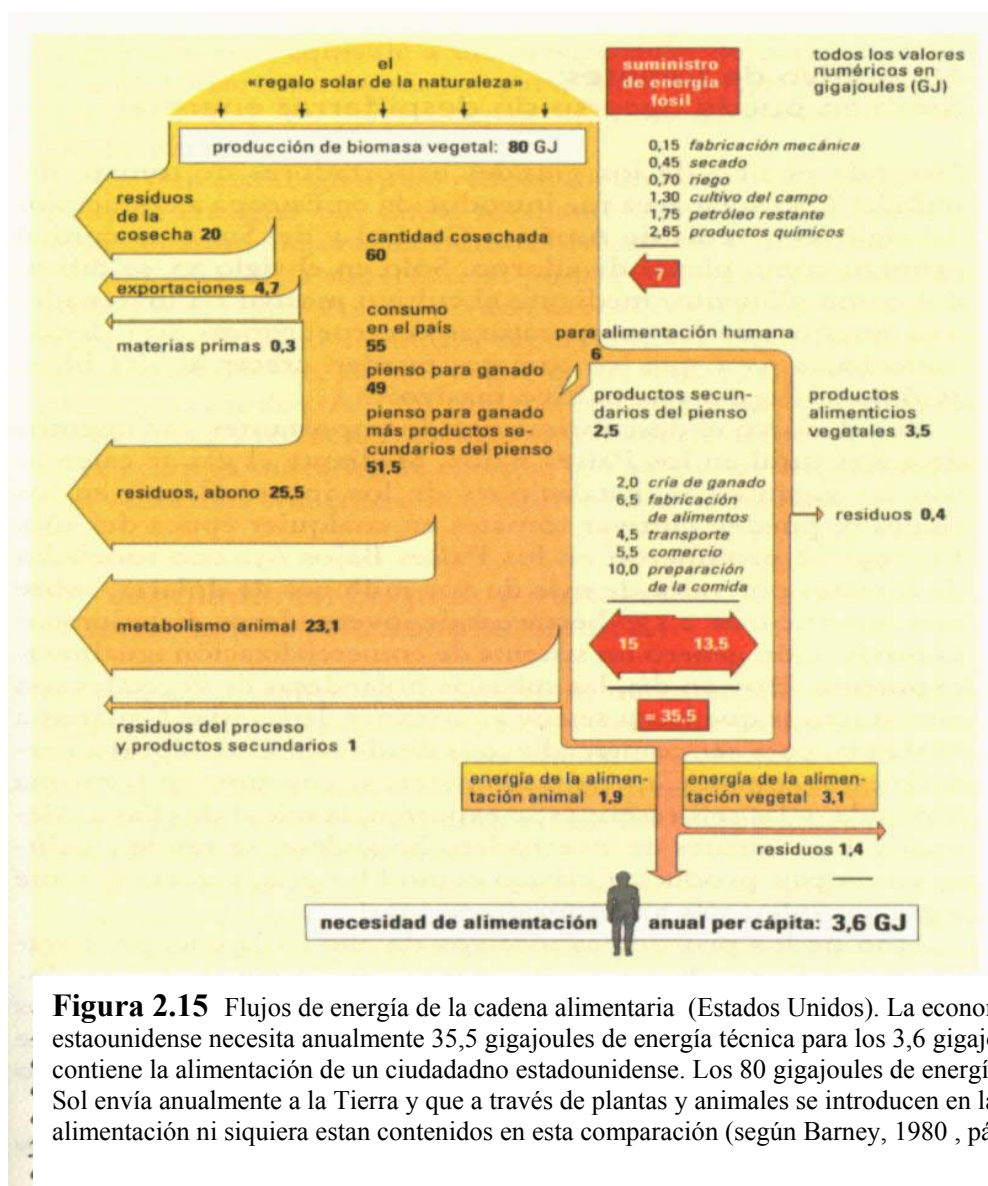


Figura 2.15 Flujos de energía de la cadena alimentaria (Estados Unidos). La economía estadounidense necesita anualmente 35,5 gigajoules de energía técnica para los 3,6 gigajoules que contiene la alimentación de un ciudadano estadounidense. Los 80 gigajoules de energía que el Sol envía anualmente a la Tierra y que a través de plantas y animales se introducen en la alimentación ni siquiera están contenidos en esta comparación (según Barney, 1980, pág 624).

Como observamos en la figura 2.15 cada vez son más grandes las cantidades de energía que requiere la sociedad de consumo, es por ello que hay que demarcar estrategias que busquen la sostenibilidad.

Sin embargo, hace mayor énfasis en la reforma fiscal ecológica. Y se hace nuevamente otra pregunta: ¿Por qué nuestro sistema fiscal actual grava sobre todo el trabajo y el capital, mientras que deja sin impuestos e incluso subvenciona el consumo de recursos naturales? A lo que responde de manera un tanto racionalista al plantear que una “reforma fiscal ecológica” nos haría más ricos, y no más pobres, y crearía millones de

puestos de trabajo. Al tiempo que defiende la subida anual de un 5 % de los precios de la energía y de otros recursos naturales durante unas cuantas décadas. “Después de catorce años de aumentos de un 5 % anual, el precio se habría duplicado. Después de 28 años se habrá cuadruplicado, y a los 42 años habrá aumentado ocho veces”.

Es clave también implementar análisis de eficiencia en los modos de producción agrícola, como observamos en la figura 2.16 a veces se utilizan más recursos en la producción.

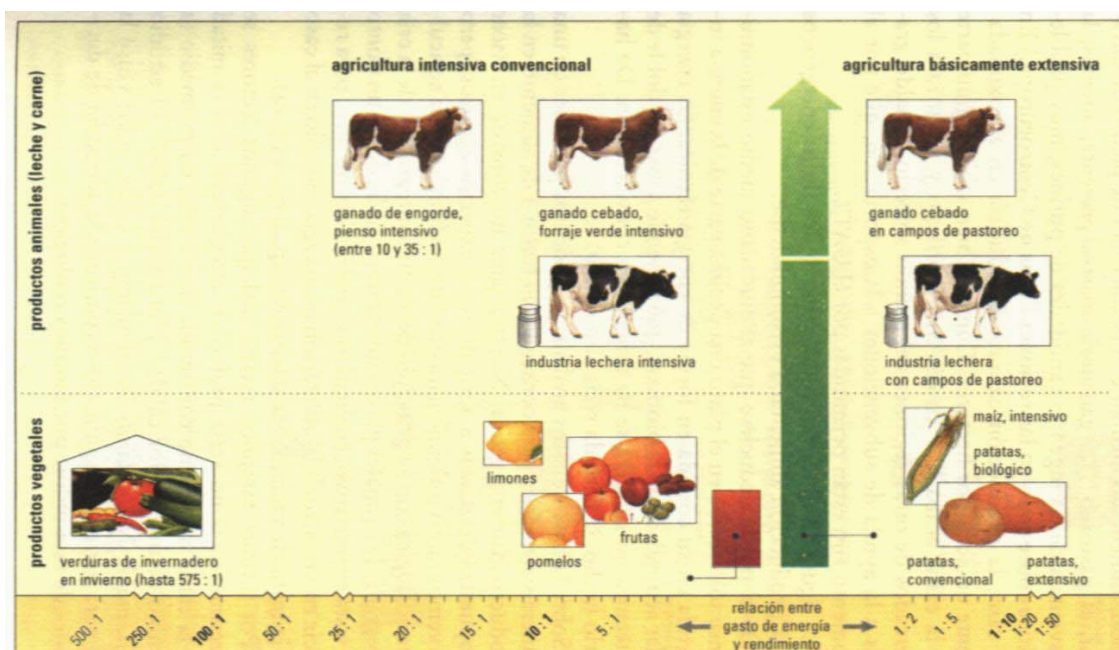


Figura 2.16 Una selección de alimentos con su balance energético de inptu y output. Las cifras elevadas corresponden a eficiencias energéticas bajas. En el caso de las verduras de invernadero utilizamos más de 500 calorías de energía ajena para una caloría de alimento (según Lünzer, 1979).

La reforma fiscal tendría que afectar a todas las rentas por igual. La intención es reducir los impuestos y las cargas fiscales. Por ejemplo, las cargas sociales sobre la mano de obra tendrían que reducirse. En definitiva, las rentas obtenidas de los impuestos sobre la energía y los recursos naturales se utilizarían para financiar parcialmente el sistema de la seguridad social, o tendría que ser financiado por el empresario y el trabajador.

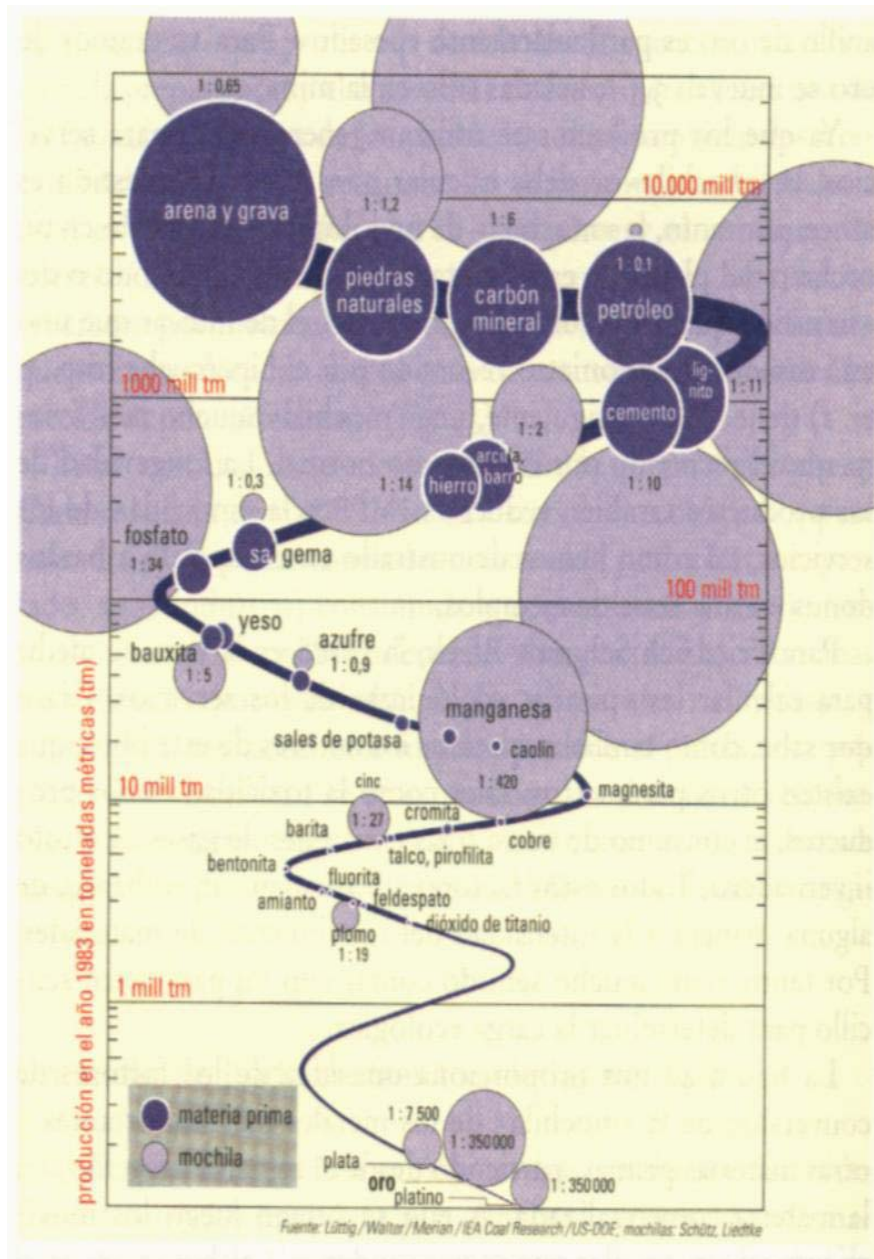


Figura 2.17 Las mochilas ecológicas >>> de metales y otras materias. Para extraer 1 kg de metal hay que mover muchas toneladas de materiales /según Schmidt-Bleek, 1994, pág. 22).

Otros de los retos en la revolución de la eficiencia radican en pasar de vender productos a vender servicios. En el sentido de los servicios energéticos, al garantizar una temperatura agradable en las viviendas y en los edificios de oficinas, sobre todo, para las actividades comerciales más importantes de las empresas productoras de energía que se modernicen.

Por otra parte, considera Weizsäcker que, si combinan las exigencias ecológicas, los avances tecnológicos y la moda, la revolución de la eficiencia se podrá imponer en

menos de quince años. Y esta es una exigencia vital ya que como vemos en la figura 2.17, es demasiado el consumo de recursos el que se requiere en muchas actividades productivas.

Bibliografía

- **AEDENAT** (1993): “*Energía para el mañana. Conferencia sobre energía y equidad para un mundo sostenible*”. *Declaración de Madrid*. Ed. Los libros de la Catarata. Madrid, 1993.
- **Alzugaray, Juan José** (1997): *Decálogo del ingeniero frente al medio ambiente; En ¿Sostenible? Tecnología, desarrollo sostenible y desequilibrios*. Ed. Icaria; UPC. Barcelona, 1997.
- **Bermejo, Roberto** (1994): “*Manual para una economía ecológica*”; cap. V “*intentos de armonizar equilibrio ecológico y crecimiento ilimitado: el concepto de desarrollo sostenible*”. Ed. Los libros de la catarata. Madrid, 1994. Pp. 181-1221.
- **Cohen, Johel** (1996): “*Population growth and the earth's human carrying capacity*”. *Science*, 269 : 341-348. 1996
- **Cutcliffe, Stephen H.** (1997): “*Sobre ranas, princesas e ingeniería: un posible papel para los programas de ciencia, tecnología y sociedad en la educación para el desarrollo sostenible*”. En *¿Sostenible? Tecnología, desarrollo sostenible y desequilibrios*. Ed. Icaria; UPC. Barcelona, 1997.
- **Daly, Herman E. –compilador-** (1989): “*Economía, ecología, ética. Ensayos hacia una economía en estado estacionario*”. Ed. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 1989. P. 29.
- **Daly, Herman, Goodland, Robert, ET. AL. Editores.** (1997): “*Medio ambiente y desarrollo sostenible. Más allá del informe Brundtland*”. Editorial Trotta. Madrid, 1997.
- **García, J.** (1995): *Els sistemes estacionaris com models de sostenibilitat per la seva minimització de producció entròpica. Congreso Internacional “Tecnología, Desarrollo Sostenible y Desequilibrios*”. Terrassa (Barcelona), 14-16 de septiembre de 1995.
- **Georgescu-Roegen, Nicholas** (1971): “*The entropy law and the Economics Process*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971, p. 21. Tomado de Daly, Herman en *Economía, ecología, ética...* Op.cit. p. 18.
- **Georgescu-Roegen, Nicholas** (1989): “*La ley de la entropía y el problema económico*”, en “*Economía, ecología, ética...* Op.cit. pp. 61-72.
- **Gleick, J.** (1987) . *Chaos: Making a new science*. New York: Penguin.
- **Guía de l’Agenda 21. L’Aliança Global per al Medi Ambient i el Desenvolupament**, (1993): Címera per a la Terra. Conferència de les Nacions

- Unides per al Medi Ambient i el Desenvolupament. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Barcelona, 1993.
- **Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo** (Río de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992). Sección I. *Dimensiones Sociales y Económicas*. Cap. II.
 - **Jiménez, Herrero Luis M.** (1996): “*Desarrollo sostenible y economía ecológica. Integración medio ambiente-desarrollo y economía ecológica*”. Cap. IV. “*Opciones estratégicas del desarrollo sostenible*”. Ed. Síntesis. Serie: actualidad. Madrid, 1996. P. 103.
 - **Jou, D. y Llebot, J.E.** (1989): “*Introducción a la termodinámica de procesos biológicos*”. Barcelona, 1989. Ed. Labor.
 - **Lester R. Brown, Christopher Flavin, Hilary French, et.al** (1998): Informe del Worldwatch Institute “*La situación del mundo*”. Ed. Icaria, Barcelona, 1998. P.19.
 - **López L. Víctor**, (2001) DESARROLLO SOSTENIBLE. Aproximación conceptual y operativa de los principios de Sostenibilidad al Sector de la Construcción. Tesis Doctoral. Departament d’ Enginyeria de la Construcció. Barcelona. 2001
 - **M’Mwereria, Godfrey K.** (1997): “*Una visión del sur*”; en *¿Sostenible? Tecnología, desarrollo sostenible y desequilibrios*. Ed. Icaria; UPC. Barcelona, 1997.
 - **Martínez Alier, Joan** (1994): Cap. III. “*Pobreza y medio ambiente: una crítica del Informe Brundtland*”. En: “*De la economía ecológica al ecologismo popular*”. Ed. Icaria, Barcelona, 1994. Pp87-189.
 - **Medina, Manuel** (1997): “*¿Sostenido? ¿Sostenible? ¿Compatible! Base para un desarrollo compatible de ciencia, tecnología y cultura*”, en *¿Sostenible? Tecnología, desarrollo sostenible y desequilibrios*. Ed. Icaria & Antrazyt; 104. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
 - **Ministerio de Medio Ambiente** (1997): *Los Documentos de Río*. Declaración de Principios. La Agenda 21... en Educación Ambiental para el desarrollo sostenible. Documentos internacionales. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. 1997. Tomo 2.
 - **Naredo, José Manuel** (1998): “*Sostenibilidad, diversidad y movilidad horizontal en los modelos de uso del territorio*”. En *ciudades más sostenibles*, página WWW. 24-IV-98.
 - **Naredo, José Manuel y Rueda, Salvador** (1998): “*La ‘ciudad sostenible’: resumen y conclusiones*”. En *ciudades más sostenibles*, página WWW. 24-IV-98.
 - **Paniagua, Ángel y Moyano, Eduardo** (1998): “*Medio ambiente. Desarrollo sostenible y escala de sustentabilidad*”. En *Revista Española de Investigaciones*

- Sociológicas. 83 julio-septiembre 1998. Ed. CIS. Madrid, 1998.
- **Parra, Fernando** (1998): “*Ciudad y entorno natural*”, en “Ciudades para un futuro más sostenible”. Página WWW 24-3 98.
 - **Parrado Carlos** (2001), “*La ciudad sostenible*”, Ponencia en el congreso internacional de ecología y ciudad. UPC. Barcelona. Mayo 2001.
 - **Peat F. David and John Briggs**, (1989), “*Turbulent Mirror*” Hardcover, 222 pages. Harper & Row, Publishers Inc. 1989.
 - **Rifkin, J. y Howard, T.** (1990): “*Entropía, hacia el mundo invernadero*”. Barcelona, 1990. Ed. Urano.
 - **Rueda, Salvador** (1995): “*Ecología Urbana. Barcelona i la seva regió metropolitana com a referents*”. Ed. Beta. Barcelona, 1995.
 - **Tamames, Ramón** (1995): “*Ecología y desarrollo sostenible. La polémica sobre los límites del crecimiento*”. Cap. XVII. “*La utopía de Gaia: aun estamos a tiempo*”. Alianza Editorial. Madrid, sexta edición, 1995.
 - **Villamil, Serrano Armando y Maties, García Joan** (1998): *Política Económica del Medio Ambiente. Aplicaciones Empresariales*. Colección Ceura Economía. Editorial Centro De Estudios Ramón Areces, S.A. Madrid, 1998.
 - **Von Weizsäcker Ulrich E.** (1997): “*Factor cuatro: duplicar el bienestar – usar la mitad de los recursos naturales*”. En ¿Sostenible? Tecnología, desarrollo sostenible y desequilibrios. Ed. Icaria; UPC. Barcelona, 1997.