



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y  
Red Académica Iberoamericana Local-Global  
Indexada en ANECA; DIALNET; DICE; IN-Recs; ISOC; LATINDEX y RePEc  
Vol 8. N°24  
Octubre 2015  
[www.eumed.net/rev/deilos/24](http://www.eumed.net/rev/deilos/24)

## **EL CONFLICTO ECONOMÍA-ECOLOGÍA Y LOS PRINCIPIOS NECESARIOS PARA EL DESARROLLO ECONOMICO SOSTENIBLE**

Jalil Barkhas<sup>1</sup>  
[jbarkhas@ugr.es](mailto:jbarkhas@ugr.es)  
España

### **CONTENIDO**

Resumen .....	2
Abstract .....	2
1. Introducción.....	3
2. Desarrollo económico mundial y los límites de la astronave Tierra.....	5
3. Paradigmas en conflicto. Ecología y economía.....	7
4. La ecológica en la evolución del pensamiento económico.....	11
5. Desarrollo a través de nuevos principios ecológicos.....	14
6. Conclusión.....	17
Referencias bibliográficas .....	18

---

<sup>1</sup> Profesor titular de universidad. Departamento de Economía Aplicada Universidad de Granada. España.

## RESUMEN

Por un lado, siguiendo el objetivo básico de la economía neoclásica de un crecimiento económico continuo y acelerado y, por el otro lado, las dos leyes de la termodinámica en que se basa el sistema ecológico, las leyes de la economía, como subsistema del sistema global de la naturaleza, entran en conflicto con las leyes ecológicas. En caso de no remediación, a largo plazo, dada la interacción entre economía y ecología, el continuo agotamiento de los recursos naturales que ejerce el sistema económico y el exceso de emisiones acaban en la insostenibilidad futura del propio sistema económico y del nivel de bienestar correspondiente. Por ello, como solución, el artículo sugiere la necesidad de un cambio de los supuestos económicos para tener en cuenta la dimensión del medio ambiente en las decisiones económicas.

**Palabras claves:** Sistema Económico; sistema ecológico; termodinámica; flujo de energía solar; sostenibilidad.

## ABSTRACT

On the one hand, following the basic objective of neoclassical economics of a continuous and rapid economic growth and, on the other hand, the two laws of thermodynamics that the ecological system is based, the laws of economics, as a subsystem of the natural global system, get conflicts with environmental laws. If no remediation, long-term, given the interaction between economy and ecology, the continuous depletion of natural resources and the excess of emissions will lead to unsustainable economic system itself and the corresponding level of welfare. Therefore, as a solution, the article suggests the need for a change in economic assumptions to take into account environmental concerns into economic decisions.

**Keywords:** Economic System; ecosystems; thermodynamics; flow of solar energy; natural resources; waste, sustainability.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos están entre las muchas especies existentes sobre la Tierra que viven desarrollando una relación con su entorno que incluye tanto a organismos vivos como a sustancias inertes. Sin embargo, a diferencia de otras especies, la relación entre el hombre y la naturaleza ha cambiado enormemente a lo largo del tiempo debido al desarrollo del conocimiento humano, representado por la tecnología, la ciencia, la cultura y los valores.

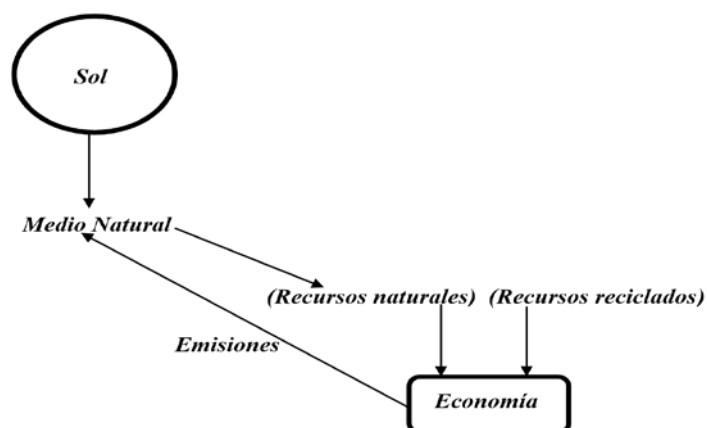
Con la ayuda de la tecnología y la ciencia el ser humano ha transformado los recursos naturales en productos para el consumo y la mejora de su bienestar siguiendo sus valores. Sin embargo, en la fase del desarrollo capitalista que comenzó hace ya alrededor de tres siglos, la indefinida acumulación de capital y generación de superávit se ha convertido en la fuerza impulsora tras el crecimiento de las actividades económicas, con la institución del mercado proporcionando los mecanismos para la consecución del bienestar social. Esto ha causado un crecimiento indefinido de la demanda de recursos naturales y servicios medioambientales que apoyen el intenso desarrollo de productos. Dado el tamaño de la población y el tamaño del conjunto de las actividades económicas mundiales, se ha considerado durante largo tiempo que tal demanda de recursos de la biosfera no causaba ninguna tensión sobre el sistema de funcionamiento de la naturaleza o no perturbaba el equilibrio ecológico. La economía, hasta el último cuarto del siglo XX, ha ignorado las limitaciones del funcionamiento de una economía, salvo disminuyendo el rendimiento de la tierra. Con el crecimiento demográfico y el ritmo mundial de industrialización, la situación ha cambiado enormemente a finales del siglo XX. Hoy día, hay abundantes pruebas del impacto negativo de la expansión inconsciente de las actividades económicas dirigidas por las fuerzas de acumulación capitalistas sobre el equilibrio ecológico; por ejemplo la contaminación del agua y el aire, la desertificación, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, etc. Se teme que una excesiva inclinación de la balanza pueda causar un desplazamiento del ecosistema desde el existente equilibrio localmente estable a un nuevo equilibrio, que puede describir un nuevo régimen ecológico de características desconocidas e implicar por lo tanto grandes incertidumbres.

La sostenibilidad del presente patrón global del proceso de desarrollo se ha convertido en una cuestión de profunda preocupación, especialmente debido a la incertidumbre que genera la habilidad humana para adaptarse en un futuro a condiciones medioambientales cambiantes a un coste no excesivo. Con el objeto de llegar al correcto enfoque de las políticas para el desarrollo sostenible resulta imprescindible: a) Comprender la interrelación entre la estructura y función de la naturaleza y la economía, y b) Aceptar unos cambios del paradigma de análisis económico para una correcta integración de las cuestiones relacionadas de varias ciencias en un marco interdisciplinar. Por ello, el propósito del presente trabajo es tratar la relación entre ecología y

economía para una mejor comprensión de la interacción naturaleza-economía y de los conceptos y condiciones de sostenibilidad del desarrollo. Para comprender las cuestiones más relevantes los antecedentes para la discusión de la interacción naturaleza-economía se esbozan en los siguientes apartados.

Ecología y economía comparten la misma raíz griega *okois*, que significa “casa” o “hábitat”. La ecología consiste en el estudio de la relación de los organismos vivos (elementos bióticos) con los materiales inertes (elementos abióticos) de su entorno circundante. La ecología es el estudio de la estructura y función de la naturaleza, incluyendo a la humanidad. Por su parte, la economía, por otro lado, significa el estudio de la gestión de los hogares. Sin embargo, el desarrollo histórico de la materia ha sido como una rama de las ciencias sociales, estudiando los problemas del bienestar material de la sociedad humana. La economía clásica supone que el bienestar de una sociedad depende del flujo de consumo de bienes materiales y servicios. Sin embargo, la economía ha estado tradicionalmente preocupada por el consumo de aquellos bienes de utilidad para los consumidores que requieren producirse utilizando bienes escasos. Las teorías económicas se han centrado en la producción de artículos materiales y servicios que incluyen — directa o indirectamente— la transformación de algún recurso natural con ayuda del trabajo y del capital en una forma final de consumo. La producción de dicho proceso de transformación puede ser también un bien capital que puede ser utilizado como medio de producción en los periodos posteriores. Los recursos naturales que forman la base material de la producción serían sustancias de baja entropía, tanto abióticas como bióticas, que —tras ser convertidas en bien de consumo o capital y utilizadas— vuelven a la naturaleza como residuo de elevada entropía. La naturaleza se utiliza como fuente y sumidero para aumentar el consumo humano (Ayres & Kneese, 1969; d’Arge, Ayres & Kneese, 1970). Se supone que el flujo de residuos de alta entropía, tal y como se recibe, se degrada y posteriormente se transforma por la naturaleza con el objeto de regenerar sus recursos de baja entropía siguiendo leyes y principios ecológicos (Figura 1).

**Figura 1:** Interacción entre la naturaleza y la economía



La utilización de la naturaleza como fuente y sumidero de la economía incluye la interacción entre naturaleza y economía. Las leyes que rigen el funcionamiento del sistema económico y los ecosistemas naturales deberían ser compatibles para sostener el equilibrio de ambos sistemas (Christoph & Alfred, 2005; Goodwin, 2003). Se sugiere que, dada la unidad básica de ambas palabras debería existir una unidad de propósito y función que conecte naturaleza y economía e interrelacione las dos disciplinas: ecología y economía.

En la práctica, sin embargo, estas dos disciplinas comenzaron con diferentes grupos de supuestos y desarrollaron principios muy diferentes para el análisis de sus respectivos mundos, reflejando paradigmas en conflicto. La economía ha perdido la amplia perspectiva desde la que la función de la economía humana debe visualizarse. El entorno moral, material y científico en el que el pensamiento económico evolucionó produjo teorías económicas basadas en supuestos cuestionables respecto a la relación entre economía y naturaleza.

El análisis que adoptamos, centrada en la relación interactiva entre la naturaleza y la economía, enfatiza la interacción entre ecología y economía y explica la crisis medioambiental y de recursos que proyecta su sombra pesimista sobre el desarrollo industrial y la urbanización. Un enfoque multidisciplinar es esencial para comprender el problema medioambiental y para desarrollar políticas en pos de un desarrollo económico ecológicamente sostenible.

## **2. DESARROLLO ECONÓMICO MUNDIAL Y LOS LÍMITES DE LA ASTRONAVE TIERRA**

El proceso de desarrollo económico mundial tiene diferentes conjuntos de problemas para a) Las economías industrializadas maduras y b) Las economías en vías de desarrollo. En las economías industrializadas el mayor problema económico es la inestabilidad de renta, empleo y precios de la materia prima, consecuencia de repetidos ciclos de crecimiento y recesión que afectan a la estabilidad del orden económico internacional. El factor causal básico de tales inestabilidades ha sido la periódica sobre acumulación de capital relativo a la demanda de consumo de la población de dichas economías, debido a la madurez de su proceso capitalista de desarrollo. Los países en vías de desarrollo tienen problemas persistentes de baja renta, pobreza, desempleo, inflación y crisis de deuda provocados por la falta de recursos de capital, acceso a la tecnología y sobrepoblación. Además, existe también el problema global de la creciente brecha entre naciones pobres y ricas. El enfoque económico clásico a la hora de buscar soluciones a los problemas de los países industrializados, ha identificado formas de a) Expandir el mercado local, innovando a través de nuevos productos, reestructurando y elevando los niveles de consumo y fomentando un consumo que crea elevadas cantidades de residuos, y b) Asegurar el crecimiento

de las exportaciones. Todas estas formas están pensadas para asegurar el empleo rentable de la reserva de capital, que continuamente crece fuera de la reinversión del beneficio retenido de las compañías. Para los países en vías de desarrollo la solución se ha buscado en el hallazgo de formas de movilizar recursos financieros nacionales o extranjeros y en la adopción de una estrategia adecuada para el despliegue de estos recursos con el objeto de eliminar el desempleo y la pobreza.

El quid de la solución sugerida por la economía clásica parece basarse en el mayor empleo de reservas de capital con la implicación normativa de que la capacidad de producción o la base material de la economía de producción, debería expandirse a todos los niveles. La ideología dominante en economía también insiste en que la expansión óptima de la base de producción de una economía sólo puede conseguirse en un sistema de mercado económico en el que el precio guíe las decisiones inversoras y asegure una eficiente asignación de recursos a través de actividades en busca de beneficios por parte de las compañías, con la excepción de obvios fracasos mercantiles.

La proyección del proceso económico a largo plazo requiere como condición necesaria una expansión indefinida, propulsada por el mercado, de la capacidad de producción de bienes y servicios de una economía. En la visión de la economía clásica se asume implícitamente que la naturaleza no impondrá restricciones al proceso de indefinida expansión del sistema de producción impulsado por el mercado y por motivos de beneficio. El impresionante progreso material experimentado en los países occidentales industrializados a lo largo de los aproximadamente dos últimos siglos y el optimismo tecnológico al que el inmenso progreso técnico ha dado paso, especialmente en el presente siglo, parecen proporcionar la justificación de tales suposiciones.

De esta forma la economía asume, al menos implícitamente, que los seres humanos son la especie dominante sobre la Tierra y que a través de la ciencia y la tecnología asentaremos nuestro creciente control sobre la naturaleza, haciéndola servil hacia las necesidades de la economía. Los supuestos de la economía contradicen los principios básicos del sistema natural. Cualquier régimen de crecimiento económico estable en un escenario de congelada eficiencia tecnológica implicaría un constante crecimiento proporcional en el flujo de recursos desde la naturaleza a la economía y el correspondiente retorno de residuos desde la economía a la naturaleza. La tasa de crecimiento del flujo de recursos y residuos desde y hacia la naturaleza, respectivamente, podría ser menor que la del crecimiento del producto interior bruto (PIB), dada la disponibilidad de procesos de producción tecnológica menos intensos en recursos y más eficientes. Ya que la necesidad global de recursos materiales por unidad de producción no puede ser reducida a cero, es decir, algo no puede producirse de la nada, los flujos de recursos así como

los flujos de residuos necesarios seguirán creciendo en tasas más o menos altas en el proceso de desarrollo, necesitando un considerable apoyo por parte de la naturaleza para incrementar el suministro de recursos y la absorción de residuos. En cambio, esto plantea un conflicto con el hecho de que nuestro planeta es un lugar finito, como una nave, dotado de cantidades limitadas de recursos abióticos y que recibe un flujo finito de energía solar por kilómetro cuadrado y hora. El flujo de energía solar existente puede sostener sólo una tasa finita máxima de regeneración de recursos bióticos, dependiendo del tamaño existente de sus reservas (Boulding, 1966).

### **3. PARADIGMAS EN CONFLICTO. ECOLOGÍA Y ECONOMÍA.**

La raíz del conflicto entre el proceso de desarrollo y las restricciones medioambientales puede encontrarse en el fracaso de la economía clásica en reconocer el papel de la ley de entropía de la termodinámica en la formulación de los supuestos básicos de un modelo de desarrollo (Georgescu-Roegen, 1971a, 1971b; Daly, 1991; Ayres, 1978).

La entropía es una medida de la energía de enlace o de la energía no disponible en un sistema termodinámico cerrado. La energía existe en dos estados cualitativos: la energía libre o disponible, sobre la que el hombre tiene completo control, y la energía de enlace, que no está disponible o que el hombre no tiene posibilidad de utilizar. La energía química contenida en un litro de petróleo es energía libre que puede transformarse en calor para la realización de un trabajo mecánico, mientras que la energía calorífica contenida en el hidrógeno del agua marina es una energía de enlace. Cuando un trozo de carbón o un litro de petróleo se queman, la fuente inicial de energía libre se transforma en calor, energía, gases como los dióxidos de carbono, óxidos nítricos, etc. y algunas partículas de materia incombustible. En dicho uso la energía inicial se disipa caóticamente en desorden. De forma similar, el uso de materiales no energéticos tales como el mineral de hierro se ajusta a los mismos principios. El mineral de hierro —estructura ordenada de baja entropía cuando se convierte en láminas de acero— es todavía de más baja entropía que el mineral de hierro, ya que contiene una mayor concentración de Fe. Con el agotamiento del material de base férrica a lo largo del tiempo, su contenido en Fe se disipa en el desorden y, después de su uso, es arrojado como residuo de alta entropía en el sumidero de la naturaleza (Barkhas, 2014).

En el proceso económico los materiales básicos de entrada son recursos naturales de baja entropía. El uso de recursos energéticos en el proceso de producción es entrópico. Los recursos materiales abióticos como el mineral de hierro, la bauxita o el cobre se transforman en productos de estructura ordenada como láminas de acero, aluminio o cobre con baja entropía. Sin embargo, el proceso de conversión metálica utiliza grandes cantidades de energía de baja entropía y otros

recursos como materiales fundentes y de refinado, etc. que acaban en estado de elevada entropía. En el efecto conjunto la reserva de materia energética de baja entropía ha decrecido. El uso de los recursos bióticos del proceso de producción puede decirse también que es entrópico; por ejemplo, la disminución de la biodiversidad debida al proceso de desarrollo. Por último, cualquier uso de los productos del proceso de producción para consumo o uso capital implicaría una degradación debida a la transformación gradual de los elementos constitutivos básicos del producto material en un estado de mayor desorden.

Los alimentos consumidos por la gente incluyen movimiento a lo largo de la pendiente de la entropía, ya que la energía alimenticia de baja entropía, después de proveer energía para el funcionamiento del metabolismo del cuerpo y el crecimiento de la biomasa, abandona el organismo en forma de calor degradado y otros residuos corporales. Un organismo vivo necesita una energía continua de baja entropía y una aportación continua de nutrientes a través de alimentos, agua y oxígeno para mantener su orden interno y su carácter de baja entropía. Si estos suministros vitales se detienen el cuerpo del organismo degeneraría en un creciente estado de desorden que acabaría con su muerte y descomposición.

En manera parecida, el sistema económico representa un complejo sistema altamente ordenado, con su estructura orgánica, que incluye innumerables compañías y hogares. El flujo de servicios laborales desde los hogares a las compañías y aquél de los bienes y servicios producidos desde las empresas hacia las familias describe las interrelaciones entre los componentes de la estructura orgánica de una economía. Ahora bien, dado que las actividades metabólicas de una economía tales como la producción y el consumo se llevan a cabo repetitivamente, el sistema económico necesitaría una aportación continua de materia y energía de baja entropía desde el ecosistema y la posterior liberación de residuos materiales y energéticos de alta entropía hacia el ecosistema para su absorción. En caso de obstrucción del suministro de recursos de baja entropía procedentes de la naturaleza, el funcionamiento del sistema económico se detendría. Si la economía es un subsistema del ecosistema global, su función y crecimiento contribuirían así a la creciente escasez de materia y energía de baja entropía, que constituyen los recursos del sistema de producción económico. Este argumento se basa en la suposición de que nuestro planeta es un sistema termodinámicamente cerrado y, por lo tanto, materialmente no crece.

Sin embargo, se podría especular que la Tierra no representa estrictamente un sistema termodinámicamente cerrado porque la energía recibida del sol se absorbe parcialmente en la biosfera terrestre, los sistemas terrestres y atmosféricos y es también parcialmente reflejada al espacio exterior (30 %). Parte de la energía solar que alcanza la biosfera se transforma, a través de la fotosíntesis, en energía química (0.8 %) que circula a través de variadas formas vegetales y

animales a lo largo de la cadena alimenticia, contribuyendo al mantenimiento y crecimiento de sus reservas de biomasa. El sistema económico utiliza muchos recursos bióticos (baja entropía) como alimentos así como para usos no alimenticios (por ejemplo, combustibles sólidos, materias primas de la tierra o los bosques para las industrias, etc.) Todos los recursos bióticos se regeneran, aunque a un índice finito por unidad de tiempo, y por tanto la mayor parte de los recursos bióticos son renovables en una escala temporal humana.

El resto de la energía solar genera energía calorífica, que se utiliza parcialmente en los procesos de evaporación y precipitación y en impulsar el flujo de vientos, olas, corrientes oceánicas, etc. El clima y el flujo de recursos que proporcionan fundamental sustento vital a la biosfera están esencialmente impulsados por la energía solar. El flujo de recursos de energía hidráulica, cuando se utilizan con propósitos no energéticos por el sistema económico, son derivados de los flujos de energía solar y energías renovables. En cualquier tiempo y lugar dados, la disponibilidad de fuentes renovables, ya sean sólidas o hidráulicas, son limitadas. Si el sistema económico utiliza estos recursos a un ritmo más elevado que el de su regeneración natural, se producirá un agotamiento de reservas de recursos renovables. La tala de biomasa forestal a un ritmo más elevado que el de su regeneración provoca la deforestación; la extracción de aguas subterráneas a un ritmo más elevado que el de su recarga resulta en el agotamiento de las reservas acuíferas. Lo finito del flujo de energía solar por unidad de tiempo tiende así a fijar un límite en el ritmo máximo de uso de cualquier fuente renovable por periodo de tiempo sobre una base sostenible.

Aparte de regenerar los recursos bióticos, el flujo de energía solar impulsa los ciclos biogeoquímicos de varios nutrientes de la biosfera. Los principios ecológicos indican cómo elementos básicos esenciales para el sostenimiento de la vida (como el carbono, el oxígeno, el nitrógeno, el azufre, el fósforo, etc.) se transfieren a través de la cadena alimenticia desde el entorno abiótico hasta los organismos vivos para fluir de vuelta desde el entorno biótico al abiótico a través del proceso de eliminación de residuos. Cualquier residuo biodegradable del sistema económico se transforma en el curso del proceso interactivo entre los organismos y su entorno abiótico a través del funcionamiento de ciclos interconectados. En el proceso de funcionamiento de las leyes y los ciclos ecológicos se regeneran los recursos y se hacen disponibles a baja entropía; por ejemplo, la fotosíntesis fija el dióxido de carbono de la atmósfera, posiblemente liberado como residuo de la combustión de biomasa del sistema económico. Los ciclos biogeoquímicos, combinados con el flujo de energía, facilitan de esta forma la regeneración de recursos de baja entropía en una escala temporal humana y la degradación de los residuos resultantes de los procesos económicos.

Si los productos residuales de los procesos económicos no son biodegradables, éstos serán muy lentamente reducibles, implicando un lento proceso de transformación química a través de su interacción con el entorno durante un largo periodo. Por ejemplo, los residuos químicos y radioactivos peligrosos que son compuestos creados por el hombre pueden necesitar miles de años para degradarse. Para la regeneración de recursos no renovables o finitos como el petróleo, el carbón y los minerales de baja entropía, el proceso biogeoquímico quizá deba trabajar en una escala temporal geológica de millones de años.

La impresión de que la capacidad de la naturaleza para regenerar recursos de baja entropía a través de la degradación de residuos económicos de alta entropía implica una revocación de la segunda ley de la termodinámica y no es correcta porque los procesos de regeneración implican un gran uso de energía solar de baja entropía de forma directa o indirecta. En el efecto conjunto la ley de la entropía no se quebranta.

Sin embargo, la degradación de compuestos residuales y la regeneración de recursos necesitan tiempo. Para cualquier ecosistema hay límites superiores en la tasa del flujo de energía solar a lo largo de la cadena alimenticia para el estadio de cualquier especie por unidad de tiempo y en la tasa temporal de circulación de elementos químicos básicos a lo largo de los caminos de varios ciclos de nutrientes. Hay cierta indeterminación en los valores exactos de la velocidad de flujo o movimiento de ciclos debido a las cambiantes elecciones de caminos en la circulación de nutrientes. La tasa a la que la naturaleza es capaz de regenerar y proporcionar recursos varía sin embargo de recurso a recurso y de lugar a lugar. La tasa a la que la naturaleza absorbe un residuo varía también de un compuesto residual a otro. La tasa máxima de tiempo o velocidad a la que la naturaleza es capaz de absorber un residuo o proveer un determinado recurso por medios de regeneración es frecuentemente rebasada por las tasas temporales que su regeneración necesita según el proceso de desarrollo. El desajuste entre las dos tasas temporales de regeneración o provisión de recursos de baja entropía o de degradación o absorción de residuos de alta entropía garantizados por el proceso ecológico y por el proceso de desarrollo económico está en la raíz de la crisis medioambiental, manifestándose frecuentemente a corto plazo como una crisis de recursos. Una crisis de recursos surge si la tasa de regeneración de recursos de baja entropía no satisface el flujo de recursos necesario desde el ecosistema hacia el sistema económico, convirtiendo el proceso de crecimiento existente en insostenible. Si, por otro lado, la tasa de generación de residuos de alta entropía rebasa la tasa de absorción de residuos de la naturaleza por unidad de tiempo, la cantidad sobrante de residuo se depositará en el ecosistema en forma de contaminación. Las reservas de contaminante se acumularán en el ecosistema y dichas reservas acumuladas afectarán de forma negativa a la productividad del sistema natural, la salud humana y la función regenerativa de la naturaleza (ver Tabla 1). Esta crisis medioambiental y de recursos es hoy día una amenaza real para la sostenibilidad del proceso de desarrollo, un indicador de

paradigmas en conflicto por parte de los principios ecológicos y los principios económicos clásicos de desarrollo (Meadows et al., 1972, 1992).

**Tabla 1:** Principales contaminantes; sus fuentes y efectos sobre la salud

Contaminante	Fuente	Efectos
Monóxido de carbono	Combustión incompleta de carburantes (ejemplo, motor de dos tiempos)	Afecta al sistema cardiovascular
Dióxido de azufre	Combustión de carburantes que contienen azufre, como el carbón, en centrales energéticas y vehículos que funcionan con carburantes	Afecta al aparato respiratorio
Partículas en suspensión	Humo de fuentes domésticas, industriales y de vehículos	Las pequeñas partículas son tóxicas y portadoras de elementos cancerígenos
Óxidos de nitrógeno	Combustión de carburantes en vehículos a motor, estaciones energéticas y calderas	Afectan al aparato respiratorio
Hidrocarburos volátiles	Combustibles carbónicos (motores de dos tiempos, procesos industriales, eliminación de residuos sólidos)	Son cancerígenos
Oxidantes y ozono	Emisiones de vehículos a motor, reacciones fotoquímicas de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos reactivos	Provocan elevada delicadeza ante infecciones, enfermedades pulmonares, irritación de ojos, nariz y garganta

Fuente: Elaboración propia.

#### 4. LA ECOLÓGICA EN LA EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO ECONÓMICO

En la evolución del pensamiento económico los economistas clásicos se han preocupado sobre la sostenibilidad del acelerado proceso contemporáneo de crecimiento industrial experimentado en Europa occidental entre los siglos XIX y XX. Los primeros economistas pronosticaron el enfoque de la economía industrial como un estado estable (estacionario) a largo plazo. Mientras que William Petty, un fisiócrata, reconoció el papel de la naturaleza en la creación de valor en su argumento de que el trabajo es el padre y la tierra o la naturaleza es la madre de la riqueza (ver Petty, 1899); con Adam Smith la limitación del mercado, más que el papel de sustento de la naturaleza, fue el factor restrictivo del proceso de crecimiento. Entre los economistas clásicos, David Ricardo señaló la limitada capacidad de la tierra de buena calidad como el factor detrás del decreciente rendimiento de la tierra en su margen extensivo debido a la expansión de la población y al trabajo sobre ésta. Aunque racionalizaba la categoría de ingreso de alquiler en una sociedad capitalista, su análisis señalaba los límites del proceso de crecimiento impuestos por las

fuerzas de los decrecientes rendimientos de la tierra. Por otro lado, Malthus destacó la limitación de la tierra, ya que imponía un límite en su capacidad de sustento de la población. Malthus pronosticó un crecimiento de la población en progresión geométrica mientras que el crecimiento de la provisión de alimento lo haría en progresión aritmética. De ahí que la capacidad de carga de la tierra se expresara por sobrepoblación, restaurándose el equilibrio a través del hambre, las guerras y la enfermedad a causa de la severa escasez de alimento (ver Malthus, 1798).

Aunque los economistas neoclásicos como Jevons estaban preocupados por factores limitadores como la disponibilidad de carbón y escribieron sobre la cuestión del carbón, su construcción de la economía como una mecánica de utilidad y maximización del propio interés llevó al desarrollo de un paradigma reduccionista bajo el que la economía ha sido posteriormente tratada y analizada como una disciplina especializada, aislada de las ciencias de la naturaleza. La existencia de una influencia continua y mutua entre el proceso económico y el entorno ha sido ignorada por los economistas y los aspectos relacionados con la calidad medioambiental y de recursos se han descuidado hasta la mitad, sino el tercer cuarto, del siglo XX.

Por su parte, Karl Marx planteó que todo lo que la naturaleza ofrece al hombre es un regalo espontáneo. El esquema de producción de Marx que describe el funcionamiento de la economía se representa como completamente circular y autosostenido, sin una amenaza de restricción por la escasez de recursos de baja entropía. Las ideas marxianas sobre las cuestiones interrelacionadas de producción, equidad y justa distribución y sostenibilidad económica y política del proceso capitalista han facilitado nuestra comprensión de la interrelación de las cuestiones de propiedad, equidad de distribución y sostenibilidad medioambiental. Sin embargo, Marx y sus seguidores también han descuidado de tal forma el problema de la eficiencia de asignación y el papel de la naturaleza en los procesos económicos que, a pesar de destacar las cuestiones de justa distribución, su rechazo ideológico del arriendo y el interés como precio necesario y su insistencia en una teoría del trabajo sólo del valor ha sido responsable de gran parte de la destrucción medioambiental en los países comunistas.

En el siglo XX los aspectos relacionados con el control medioambiental y de recursos fueron tratados por vez primera en los escritos de Harold Hotelling y A. C. Pigou, respectivamente. Hotelling desarrolló un modelo de uso eficiente de recursos a lo largo del tiempo, permitiendo la comprensión de cómo explotar los recursos a lo largo del tiempo y las condiciones bajo las cuales la conservación o el agotamiento ocurrirían. Hotelling muestra cómo una tasa de interés o tasa de descuento implicaría una mayor tasa de subida de precios del recurso y el agotamiento de las reservas. En el caso de recursos renovables el nivel de tasas de interés influiría en el tipo de especies vegetales que se regenerarían; es decir, una elevada tasa de descuento provocaría una mayor inversión en variedades vegetales de rápido crecimiento y monocultivo, afectando así a la

biodiversidad (ver Hotelling, 1931). Tras la crisis energética de los años setenta se ha desarrollado una gran cantidad de literatura en torno al patrón óptimo de explotación de recursos naturales básicamente como una continuación de la teoría del capital (ver Dasgupta et al., 1979; Dasgupta, 1982; Conrad et al. 1987; Pearce et al., 1990).

Desde el otro lado, A. C. Pigou (1920) trató explícitamente por primera vez el problema del fracaso mercantil resultante de la eliminación de residuos y la contaminación. El carácter público del servicio de sumidero de la naturaleza, al que no se ha puesto precio, se señala como la fuente fundamental de problemas de externalidad. Pigou explicó cómo los costes y beneficios que no se incluyen en los precios de mercado afectan la forma en la que la gente se relaciona con su entorno natural. Siguiendo el trabajo de Pigou se ha desarrollado una vasta literatura sobre economía medioambiental como ampliación de la economía aplicada del bienestar o la economía social (ver Baumol et al., 1975; Pearce et al., 1990).

El análisis de la economía medioambiental se ha centrado principalmente alrededor de tres conjuntos de cuestiones: a) La evaluación del daño medioambiental y los beneficios debidos a la generación y reducción de la contaminación; b) La determinación del nivel óptimo de contaminación y degradación de la naturaleza; y c) La elección de instrumentos para el control de la contaminación medioambiental dentro de su nivel óptimo bajo situaciones alternativas de imperfección del mercado, régimen de derechos sobre la propiedad e incertidumbre. Los resultados del análisis del óptimo nivel de contaminación o degradación dependen de forma crucial de la evaluación del servicio o daño medioambiental, ya sea de buen o mal carácter público. Sin embargo, los métodos de evaluación más frecuentemente utilizados y discutidos reflejan inadecuadamente el impacto de los procesos económicos sobre los ecosistemas. Las evaluaciones se basan en juicios subjetivos de individuos encuestados en un esquema de contingente evaluación o simulación del mercado para servicios medioambientales con la ayuda de datos de variables relacionadas de una forma bastante artificial. Además, dichas evaluaciones ignoran el hecho de que su relevancia puede restringirse a un nivel determinado alrededor del nivel histórico de calidad medioambiental, mientras que futuras dinámicas medioambientales podrían plantear un problema “no lineal” con la posibilidad de un cambio drástico. El uso de valores extrapolados a una mayor escala puede entrar en conflicto con aquéllos garantizados por las ciencias físicas o ecológicas. El comportamiento biológico y ecológico sugiere una falta de linealidad en su descripción a través de formas funcionales y la existencia de un umbral en cierta escala de las variables involucradas. Por ejemplo, esto puede reflejarse en el súbito aumento del coste marginal del daño a las reservas conforme un contaminante tóxico alcanza valores cercanos a su umbral. La orientación de los cálculos de optimización basados en la marginalidad, sobre la base de funciones de evaluación medioambiental estimadas de los métodos frecuentemente utilizados, puede resultar por tanto seriamente engañosa en algunos casos. Un acercamiento

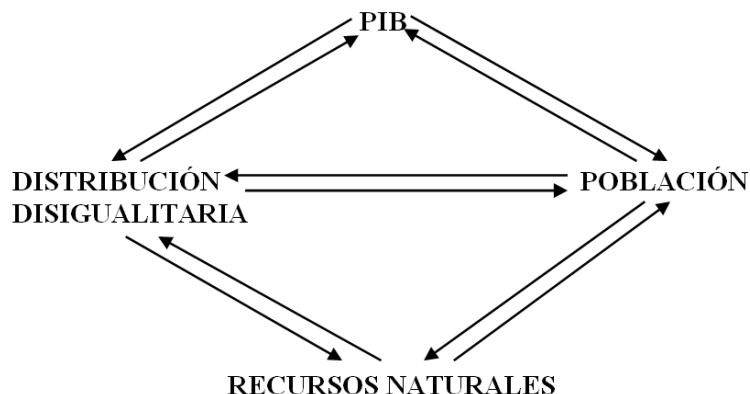
preventivo a las políticas basadas en la comprensión de las consecuencias ecológicas de los procesos económicos puede ser una estrategia más segura en tal situación que el enfoque basado en el principio de marginalidad. Con el objeto de ser capaz de distinguir entre situaciones que garanticen optimización frente a un enfoque preventivo, es necesario comprender las consecuencias ecológicas de los procesos económicos. El análisis de la economía medioambiental clásica como una mera extensión de la economía aplicada del bienestar carece de esta perspectiva ecológica y consecuentemente ignora las profundas implicaciones de la interdependencia entre economía y ecología.

Por último, las cuestiones institucionales son también bastante importantes en el contexto de la gestión medioambiental y de recursos. El uso de recursos comunes de libre acceso ha sido una fuente de serios problemas por el sobre uso de recursos y la degradación medioambiental en los países en vías de desarrollo. Las cuestiones de asignación de derechos de propiedad sobre comunales locales o globales —seguidos de la dependencia de instrumentos basados en el mercado o el negocio del control medioambiental y el uso de recursos— han sido sujetos a debate y discusión en la economía de recursos naturales. Una cuestión importante de este contexto es si los problemas de la sostenibilidad medioambiental del proceso de desarrollo pueden resolverse dentro del marco institucional del mercado a través de intervenciones en forma de políticas económicas. La naturaleza de la lucha entre ricos y pobres dependería de la caracterización de la institución de los derechos de propiedad de la sociedad. La lucha entre hombre y naturaleza y entre ricos y pobres tiene una importante interdependencia, que viene determinada por el entorno institucional. Las políticas sociales e institucionales pueden jugar un papel importante en la resolución de algunos de los conflictos importantes. La confianza en instituciones comunes basadas en un modelo de cooperación que incluya una gestión participativa ha surgido como una opción relevante. Algunas de las construcciones analíticas de este contexto que han surgido en la literatura pueden verse como una continuación de la economía institucional moderna, encargada de leyes, instituciones, medioambiente y economía (ver Dasgupta & Mäler, 1993, 1997; Baland & Platteau, 1996).

## **5. DESARROLLO A TRAVÉS DE NUEVOS PRINCIPIOS ECOLÓGICOS**

Para definir la condición de sostenibilidad del proceso de desarrollo es importante situar la economía en el contexto de funcionamiento del sistema ecológico implicado. La interdependencia entre el sistema económico y el ecosistema natural pertinente subraya los límites biofísicos de la aportación de recursos al sistema económico y el flujo de residuos desde la economía hacia el ecosistema. Juntos definen la condición de sostenibilidad que necesita que estos límites no sean transgredidos, ya que los costes dicha trasgresión se consideran demasiado elevados (Figura 2).

Figura 2: Un marco de análisis de sostenibilidad del desarrollo



Tal análisis del desarrollo económico desde la perspectiva de la sostenibilidad necesita la formulación de criterios de funcionamiento en pos de la sostenibilidad para tomar debida cuenta de las reglas científicas para resolver los conflictos paradigmáticos entre ecología y economía (ver Dahl, 1996).

El desarrollo no sólo depende de soluciones técnicas sino también de los valores humanos en lo referente a la noción de bienestar. Las intervenciones tecnológicas oportunas son necesarias para relajar las restricciones impuestas por los principios ecológicos al funcionamiento de la economía. El desarrollo de una base de conocimiento para el cambio tecnológico debe tomar debida cuenta de los principios ecológicos que rigen los ecosistemas. Las políticas económicas y sociales deberían apoyar un adecuado cambio tecnológico e inducir cambios en los valores de protección del medioambiente y promoción del desarrollo sostenible.

Aunque las contribuciones teóricas en economía de recursos naturales durante los últimos veinte o treinta años son significativas, están limitadas en la explicación de los problemas de sostenibilidad del proceso de desarrollo. Desarrolladas desde el paradigma de la economía clásica, las teorías son esencialmente extensiones de la teoría del capital, la economía social o la economía institucional y emplean métodos analíticos asumiendo el equilibrio parcial a través de supuestos *ceteris paribus* y aplicando el análisis marginal. Dicho análisis trata principalmente cuestiones a corto o largo plazo en una escala temporal humana basadas en ciertos postulados sobre el ecosistema. Aunque por parametrización se puede generar un espectro de los resultados de dichos análisis económicos para una escala de valores de los factores que determinan el ecosistema, dichos análisis no son apropiados para comprender todas las consecuencias ecológicas de los procesos económicos.

Las relaciones interactivas entre economía y ecología exigen la adopción de una perspectiva holística, de investigación y análisis interdisciplinar para la comprensión sistemática de la relación interactiva entre factores económicos y ecológicos. Los sistemas económico y ecológico muestran de hecho las características de sistemas vivos y no siempre se comprenden bien utilizando el enfoque reduccionista clásico de la ciencia. Un enfoque de análisis del sistema sería útil para el análisis de la totalidad de la interacción de todos los factores económicos y ecológicos y otros factores interactivos desde disciplinas relevantes. Se propone que el enfoque dinámico del sistema en economía deba adoptar un enfoque sintético, integrador y transdisciplinar para explicar el comportamiento sistémico trazando la secuencia dinámica causal de la interacción de factores a lo largo de los bucles de retroalimentación de bloqueo y la condición inicial de equilibrio. El enfoque dinámico de los sistemas es adecuado para un desarrollo sostenible en el que se integre la interacción economía-biosfera e ilustraría los aspectos de la secuencia dinámica de recursos de baja entropía que fluyen hacia el sistema económico convertidos en productos, proporcionando un nivel de bienestar a los individuos o a la sociedad, abandonando el sistema económico y entrando en el sumidero de la naturaleza como residuos. La secuencia dinámica trazaría cómo los residuos producen la degradación de los activos naturales, resultando en la pérdida de su productividad y capacidad para actuar como un sistema de sustento de organismos vivos, afectando a la tasa de regeneración de recursos naturales, así como de la economía. La pérdida de recursos de biodiversidad de la secuencia afectaría a la resiliencia de los ecosistemas debido a la no linealidad del subsistema ecológico. El problema local de la agricultura insostenible o el global del cambio climático pueden comprenderse a través del análisis sintético, integrador y transdisciplinar del comportamiento positivo del sistema mejor que a través de la adopción del clásico enfoque reduccionista con marco parcial de equilibrio utilizando el método de marginalidad. Este enfoque metodológico se utiliza para el desarrollo de políticas medioambientales en la emergente rama de la economía ecológica, diferente de la economía medioambiental (ver Costanza et al., 1997; Common & Perrings, 1992).

Los desarrollos en economía de recursos naturales subrayan que el análisis económico realiza postulados correctos del sistema natural y adopta un enfoque científico unificado para el tratamiento de los problemas de desarrollo actuales (ver Boulding, 1970). Las incorrectas suposiciones de la economía clásica sobre la naturaleza como un recurso y un sumidero ilimitados implican la omisión de la restricción y de la necesidad medioambiental de reemplazarlas por supuestos consecuentes con la ley de entropía y las leyes que rigen los procesos biogeoquímicos de la Tierra. Además, existe cierta necesidad de modificar algunos conceptos básicos de la economía como el capital, la renta neta y el desarrollo, integrando los atributos medioambientales cualitativos y cuantitativos del proceso de desarrollo. Por ejemplo, una medición de recursos de suelo, agua o bosque debería tener en cuenta los atributos cualitativos junto a las medidas cuantitativas. La integración cualitativo-cuantitativo permitiría al economista realizar una adecuada

evaluación de atributos medioambientales, definir y estimar las medidas de ingresos o reservas verdes (vegetales) que mostrarían el impacto de la degradación cualitativa o la mejora del entorno en medidas contables tales como depreciación o apreciación de activos (ver Dasgupta, Kristom & Mäler, 1997; Dasgupta & Mäler, 1999; Markandya & Richardson, 1992).

Un enfoque unificado de ciencia medioambiental y economía plantea la cuestión de la escala temporal del proceso de desarrollo y la preservación de los recursos medioambientales. El ecosistema funciona en una escala temporal geológica en la que el problema de supervivencia debido a crisis medioambientales o de recursos está ausente. El problema de sostenibilidad de los procesos económicos surge en el contexto de funcionamiento en escala temporal humana, que no concuerda con la escala temporal geológica. El desajuste de índices temporales de cambio de las variables económicas y ecológicas puede ilustrarse en el uso de la tierra. Con el cambio en el uso de la tierra debido a actividades de desarrollo en la escala temporal humana y la futura planificación, las selvas, bosques y zonas húmedas están irreversiblemente perdidas, aun cuando estos recursos llevan a cabo importantes funciones ecológicas en la purificación del agua y el aire, la conservación del suelo y el control del cambio climático en escala temporal geológica. La pérdida de paisajes debido a actividades de desarrollo es un servicio perdido. La acumulación de contaminantes por encima de la capacidad de absorción de un ecosistema local produce la degradación del medioambiente, lo que provoca una pérdida cualitativa de servicios medioambientales, cruciales en la determinación de la calidad de la vida humana en escala temporal humana.

## **6. CONCLUSIÓN**

Dado que el proceso de desarrollo entra en conflicto con la sostenibilidad medioambiental, que a cambio restringe todos los procesos económicos de desarrollo, resulta necesario examinar la viabilidad y objeto del desarrollo económico sin transgredir las restricciones de recursos y calidad medioambiental. Sin embargo, dicho análisis interdisciplinar de la sostenibilidad necesita de la comprensión de la relación interactiva entre el funcionamiento de una economía y un ecosistema. Un modelo de desarrollo sostenible necesitaría no sólo la interconexión con factores ecológicos como parámetros, sino también su interiorización a través de una adecuada endogenización. La tarea es difícil porque los modelos económicos se desarrollan principalmente en el marco del equilibrio parcial o general, con la motivación de políticas como guías del marco y el empleo de análisis de marginalidad. Los modelos ecológicos son comportamentales positivos y se encargan de la totalidad de la función de ecosistemas interrelacionados. La teoría y el análisis económicos están preocupados por el bienestar humano en la escala temporal humana. A diferencia de la economía, las funciones y leyes ecológicas no son antropocéntricas y los modelos

ecológicos no asignan ningún papel específico a los seres humanos. Además, muchas de las cuestiones económicas comportamentales se definen en un marco lógico estático, mientras que los procesos ecológicos son esencialmente dinámicos. Para el análisis del desarrollo sostenible las cuestiones tienen que encuadrarse en un adecuado marco interdisciplinar ecologíaeconomía que integre seres humanos y equilibrio ecológico. La necesidad de un enfoque científico holístico y unificado en economía ha garantizado la adopción de enfoques de sistemas y una cuidadosa selección de toma de decisiones a muy largo plazo y un tratamiento de factores ecológicos como exógenos o endógenos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayers, R.U. y A.V. Kneese (1969), "Producción, Consumption and Externalities", American Economic Review, Vol. 59, pp.282-297.
- Ayres, R.U. (1978), "Aplication of Physical Principles to Economics" in R.U. Ayres (ed.), Resources, Environment and Economics: Application of the Materials energy Balance Principle, New York, John Wiley and Sons, pp. 37-71.
- Barkhas, J, (2014), Introducción a la Economía Ambiental y de los Recursos Naturales, Editorial Técnica Avicam, Granada, pp. 22-23.
- Baland, J. M. y J. P. Platteau (1996), Halting Degradation of Natural Resources: Is there a Role for Rural Communities ?, Oxford, FAO de UN y Clarendon Press.
- Baumol, W. J. y W.e. Oates (1975), The theory of Environmental Policy: Externalities, Public Outlays and the Quality of Life, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- Boulding, K. (1966), "The Economics of the Coming Spaceship Earth", reimprimido en A. Markandya y J. Richardson (1992) (eds.), Environmental Economics: A reader, New York: Martin's Press, pp. 27-35.
- Christoph, W. y Alfred V. (2005), "Energy Markets-Research Issues and Policy Needs", in Christoph Böhringer Lange (eds.), Applied Research in Environmental Economics, Germany, Physica Verlag Heindelberg, p. 219.
- Common, M. y C. Perrings (1992), "Towards an Ecological Economics of Sustainability", Ecological Economics, Vol. 7, pp. 7-34.
- Conrad, J. M. y C. W. Clark (1987), National resource Economics, Cambridge, Cambridge University Press.
- Costanza, R., J. Cumberland, H. Daly, R. Goodland y R. Norgaard (1997), An Introduction to Ecological Economics, Boca Raton, Florida, St. Lucie Press.
- Dahl, A. L. (1996), The Eco Principle: Ecology and Economics in Symbiosis, Oxford, George Roland.
- Dasgupta, P. y G. H. Heal (1979), Economic Theory and Exhaustible Resources, Cambridge,Cambridge University press.

- Dasgupta, P. (1982), *The Control of resources*, Oxford: Basil Blackwell.
- Dasgupta, P. y K. G. Mäler (1993), "Poverty Institutions and the Environmental Resource Base", en J. Berhman y T.N.Srinivasan (eds.), *Handbook of Development Economics*, Vol. IIIA, Amesterdam, North Holland.
- Dasgupta, P., B. Kristom y K. G. Mäler, (1997), *The Environment and Net National Product*, en P. Dasgupta y K. G. Mäler (eds.), *The Environment and Emerging development Issues*, vol. 1, Oxford, Clarendon Press, pp. 129-139.
- Dasgupta, P. y K. G. Mäler (1997), *The Environment and Emerging development Issues*, Vol. 1 y 2, Oxford: Clarendon Press
- d'Arge, R., R.U. Ayres y A.V. Kneese, (1970), *Economics and the environment: A Material Balance Approach*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Daly, Herman E. (1991), *Steady State Economics*, Washington DC: Island Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1971a), *The Entropy Law and the Economic Procesess*, Cambridge: Massachussts, Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1971b), "The Entropy Law and Economic Problem", reimprimido en R. Costanza, C. Perrings y C. Cleveland (eds.) (1997), *Developments in Ecological Economics*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing Co., pp. 236-247.
- Goodwin, N. R. (2003), "Macroeconomics for the Twenty-First Century", en J. M Harris y N. V Goodwin (eds.), *New Thinking in Macroeconomics*, Cheltenham Edward Elgar Publishing Co., p.xix.
- Hotelling, H. (1931), "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, Vol. 39, No. 2, pp. 137-175.
- Malthus, T. (1798) *Ensayo sobre el principio de la población*, edición de 1999, Fondo de Cultura Económica. N.Y.
- Markandya, A. y J. Richardson (1992), *Environmental Economics: A Reader*, new York, St. Martin's Press.
- Meadows D.H. y D.L. Meadows (1972), *Limits to Growth*, New York, Universe Books.
- Meadows D.H., D.L. Meadows y J. Randers (1992), *Beyond the Limits*, Vermont, Chelsea Green Publishing Company.
- Pearce, D. W. y R. K. Turner (1990), *The Economics of Natural resources and the environment*, London, Harvester Wheatsheaf.
- Petty, W. (1899), *Economic Writins of William Petty*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Pigou, A. C. (1920), *The Economics of Welfare*, London, Macmillan.