

Elementos conceptuales sobre desarrollo sostenible

Conceptual elements on sustainable development

DOI: 10.18041/2619-4244/dl.30.8820

Resumen

En este artículo se analizan elementos conceptuales básicos sobre la sostenibilidad para la construcción de conocimiento en el aula de clase. Se estudia la evolución del concepto, revisando aportes de los principales académicos, y la importancia del cambio de la sostenibilidad como paradigma. Se plantea la necesidad de insertar en los procesos económicos la bioeconomía, la economía circular y la termoeconomía, lo cual disminuiría los procesos de entropía para que la raza humana no desaparezca.

Palabras claves: Desarrollo sostenible, entropía, economía ecológica, economía solar.

Abstract

In this article, basic conceptual elements on sustainability for the construction of knowledge in the classroom are analyzed. The evolution of the concept is studied, reviewing contributions from leading academics, and the importance of changing sustainability as a paradigm. The need to insert bioeconomy, circular economy and thermoeconomics into economic processes is raised, which would reduce entropy processes so that the human race does not disappear.

Keywords: Sustainable development, entropy, ecological economy, solar economy..

Elías Moré Olivares

Corporación Universitaria Remington,
Colombia.
ORCID: 0000-0003-3340-0353
Correo: elias.more@uniremington.edu.co

Wilson Edisson Niño Reyes

Corporación Universitaria Remington,
Colombia.
ORCID: 0000-0002-4107-6445
Correo: wilson.nino@uniremington.edu.co

Cómo citar: Moré Olivares, E. & Niño Reyes, W. E. (2022). Elementos conceptuales sobre desarrollo sostenible. *Dictamen Libre*, (30). <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.30.8820>

Licencia Creative Commons
Atribución-CompartirIgual
4.0 Internacional



RECIBIDO

5 de julio de 2021

ACEPTADO

14 de febrero de 2022



INTRODUCCIÓN

Se presentan los antecedentes del concepto del desarrollo desde Malthus hasta Georgescu-Roegen, pasando por Carson y Schumpeter. Se evalúan aspectos epistemológicos, tomando en cuenta los cambios ocurridos desde 1959 hasta el siglo XXI, para comprender la transición en lo político y su impacto en la civilización.

Se analiza la diferencia entre economía clásica y ecológica, para comprender la importancia de esta última y la sostenibilidad.

OBJETIVO

Identificar los antecedentes, el concepto de desarrollo sostenible y su evolución a través del tiempo, para resaltar la insostenibilidad del actual modelo económico.

METODOLOGÍA

Básicamente es una revisión bibliográfica del concepto del desarrollo sostenible, con el fin de comprender su importancia en la actualidad y su impacto en el destino del ser humano.

ANTECEDENTES DEL CONCEPTO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Según Gómez (2017):

La actividad humana utilizando recursos del medio natural y produciendo residuos que afectaban la calidad ambiental, comenzó antes de que surgiera la actividad económica. Por ejemplo, en la etapa recolectora de la humanidad los hombres primitivos cazaban animales, pescaban, tomaban frutos de los árboles, recolectaban lo sembrado, y en todos los casos depositaban sus residuos en las cavernas donde pernoctaban, o en las aguas aledañas donde vivían. Cuando una caverna, un bosque, un río, un lago resultaba muy afectados por los residuos o escaseaban los

frutos o la caza, se desplazaban hacia otra zona (p. 92).

Esta situación se profundiza cuando los seres humanos se agrupan y surge la actividad económica, la cual se realiza no solamente para satisfacer sus necesidades primarias sino también para el canje de mercancías, incrementando el uso de los recursos del medio natural y la generación de residuos. En esa época el territorio natural era inmenso y había pocos seres humanos. Tendrían que pasar por lo menos 10 o 15 mil años para determinar el momento en que se identificaran pesos y contra pesos en la evolución de las actividades económicas y su intervención en su entorno natural.

La revolución industrial aceleró este proceso, estimulando el consumo de energía, la concentración poblacional en ciudades y la expansión del sistema capitalista, cuyo fin es la búsqueda de utilidad, sin tener en cuenta externalidades negativas como el deterioro del medioambiente (Asthon, 2001).

Malthus y otros clásicos

La historia del pensamiento económico reseña diversos intelectuales que estudian la contradicción entre la actividad económica y el medioambiente. A principios del siglo XIX, en *Ensayo sobre el principio de la población* Thomas Malthus (1766-1834), citado por Brue y Grant (2009:87-89), "planteaba que la población mundial crecía de modo geométrico, mientras la producción de alimentos lo hacía sobre una base aritmética, de manera que a futuro la población planetaria excedería la capacidad de sus suelos para producir alimentos".

Malthus (1766-1834), citado por Brue y Grant (2009:87-89)

Identificó dos tipos de controles para el crecimiento de la población: *controles preventivos* y *controles positivos*. Los controles preventivos reducen el índice de nacimiento, una especie de moderación moral; las personas que no se podían permitir tener hijos debían posponer el matrimonio o nunca casarse. Los

controles positivos eran incrementar el índice de mortandad mediante males desafortunados requeridos para limitar la población, a través del hambre, la miseria, las plagas y la guerra.

El desarrollo tecnológico y el mejoramiento de los procesos productivos enfocados en la agricultura impidieron que las predicciones malthusianas se cumplieran, hasta el punto de que en algunas regiones la hambruna es una realidad y la trampa de la pobreza rebasa la capacidad de algunos países para superarla.

Brue (2009: 102-104) sostiene que

Algunos economistas clásicos del siglo XIX como David Ricardo y John Stuart Mill expresaron su preocupación por la existencia de límites al crecimiento y la posibilidad de alcanzar un estado estacionario de la economía, aunque confiaban en el progreso científico-tecnológico o en la capacidad de la sociedad para controlarse. Por ejemplo, Ricardo construyó la teoría de los rendimientos decrecientes y de la renta en respuesta al debate sobre las leyes de maíz.

Acontecimientos durante el periodo 1945-1955

Referente a este tema, Gracia (2015: 6) expresa

Que entre los principales factores ocurridos entre 1945 y 1955, y que formaron el concepto de desarrollo, se encuentra la visualización del Tercer Mundo como un área estratégica por el acceso a materias primas, lo que indujo a su inserción en la estructura político-económica a partir de la Segunda Guerra Mundial.

Simultáneamente, se descubrió la pobreza masiva en Asia, África y América Latina con la categorización de “países subdesarrollados”.

Por su parte, Escobar (1996:73) plantea otros factores como “las continuas luchas por independencia nacional de Asia y África, acompañado por el

nacionalismo latinoamericano, el surgimiento de un nuevo orden mundial con la Guerra Fría, el dilema de los países pobres para escoger entre capitalismo y comunismo” .

En octubre de 1948 se fundó la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), cuyo principal objetivo es encontrar soluciones a los desafíos que afronta la humanidad en la conservación del medioambiente y el desarrollo. Su misión es conservar la integridad y diversidad de la naturaleza, y que el uso de los recursos naturales sea equitativo y ecológicamente sostenible. Apoya la investigación científica, ocupándose de proyectos de campo alrededor del mundo y reuniendo organizaciones, gobiernos, convenciones internacionales y las empresas para que trabajen en el desarrollo de políticas, leyes y buenas prácticas (UICN, 2022).

Carson, Georgescu Roegen y Schumacher

En el siglo XX la ciencia económica creó la falsa expectativa de un crecimiento económico ilimitado y la posibilidad de satisfacer continuamente las necesidades. Cabe resaltar tres obras esenciales en el cambio de paradigma en términos ambientales. La primera es *Primavera silenciosa* de Rachel Carson, que trata sobre pesticidas y herbicidas que impactan el entorno ambiental. Esta obra marcó el inicio de la economía ecológica. Las otras dos obras son *La ley de entropía y el proceso económico* de Nicholas Georgescu-Roegen y *Lo pequeño es hermoso* de E. F. Schumacher, que fueron rechazadas por las ciencias económicas convencionales.

En su libro, Carson advierte sobre los efectos perjudiciales de los pesticidas y herbicidas en el medioambiente, las aves y el ser humano, que los absorbe por la cadena alimenticia. Así mismo, culpaba a la industria química de la creciente contaminación (Carson, 2001). Esta obra inspiró la movilización ecologista, consiguiendo que el Departamento de Agricultura revisara su política sobre pesticidas, prohibiera la fabricación y uso de Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) en los Estados Unidos y creara la Agencia de Protección Ambiental.



Por su parte, Georgescu-Roegen fue el primer economista que escribió sobre termodinámica y entropía. En su libro sostiene que la segunda ley de la termodinámica gobierna los procesos económicos, es decir, que la “energía libre” utilizable tiende a dispersarse o a perderse en forma de “energía restringida”¹. Esta es la obra fundacional en el campo de la termo-economía. Se considera el pilar fundamental de la concepción de la economía ecológica y del concepto de decrecimiento económico. En esa misma línea, autores (discípulos) como Herman Daly y Bertrand de Jouvenel dan continuidad al naciente campo de la termo-economía.

Georgescu-Roegen criticó la ortodoxia económica impartida en las facultades de economía a través del reduccionismo (*Homo oeconomicus*) y la matematización, utilizando modelos económicos. Por ejemplo, los neoclásicos suponen que el ser humano es un *homo oeconomicus*, entendiendo al hombre como un ser robotizado. Este autor plantea que la economía y la biología pertenecen a la misma rama, toda vez que tienen el mismo origen conceptual: *oikos*, que significa casa, por lo tanto, están regidos por las leyes básicas de la naturaleza.

Como resultado de sus estudios genera una simbiosis entre las ciencias económicas, las biológicas y las leyes de la termodinámica, dando origen a la bioeconomía, que actualmente se conoce como economía ecológica. La Ley de la entropía expresa que existe una energía degradada que se pierde para el aprovechamiento humano. Simultáneamente, definió el cuarto principio de la termodinámica similar al segundo, pero con la materia, concluyendo que por el proceso entrópico o de contaminación, la raza humana desaparecerá del planeta.

En su obra, Georgescu-Roegen establece que el crecimiento económico exponencial para un planeta con recursos finitos generará la desaparición de la humanidad, ocasionado por el deterioro ambiental. Por esta razón defendió una disminución gradual de la población hasta el nivel que pueda alimentarse con agricultura ecológica, resaltando la gravedad de fabricar mercancías con alto coste ecológico. No obstante, no está en contra del desarrollo

tecnológico; por el contrario, invita a reflexionar sobre sus aplicaciones para distribuir los bienes finitos del planeta intergeneracionalmente.

Naredo (2015) cita a Georgescu-Roegen (1971:13-14) expresando que el libro supone un hito de referencia obligada al menos desde tres puntos de vista:

- “Contiene aportaciones inéditas, y en ocasiones definitivas, para la filosofía y la historia de la ciencia aplicadas a la economía”.
- “No sólo ayuda a comprender y relativizar los fundamentos de la ciencia económica establecida, sino que los replantea para posibilitar la gestión de los problemas ecológicos de nuestro tiempo. El libro supone una seria ruptura epistemológica respecto a la *ciencia normal* que han venido haciendo los economistas”.
- “Aporta amplia e inédita documentación sobre la forma en la que ha reaccionado la comunidad científica de los economistas ante el cambio de paradigma propuesto por Georgescu-Roegen”.

Schumacher (1987), en su obra *Lo pequeño es hermoso*, que dividió en cuatro partes: “el mundo moderno, recursos, el tercer mundo y organización y propiedad”, sostiene que la economía moderna es insostenible porque, por ejemplo, los recursos naturales como los combustibles fósiles son tratados como artículos de renta o ingreso, cuando deberían ser tratados como capital, ya que no son renovables y se agotan.

Adicionalmente, plantea que la naturaleza tiene poca oposición frente a los sucesos contaminantes, razón por la cual las políticas públicas deben ir encaminadas al desarrollo sostenible. Lo mismo sucede con las transferencias de tecnología hacia los países del tercer mundo, que no compensa el subyacente de una economía insostenible.

Schumacher critica el uso del Producto Nacional Bruto (PNB) con el fin de medir el bienestar humano, acentuando que el fin debería ser “la obtención de un máximo de bienestar con un mínimo de consumo” y subraya que la “filosofía del materialismo” no

debe quedar después de ideales como la justicia, la armonía, la belleza y la salud.

Política ambiental internacional en el periodo 1970-1989

Durante este periodo, en las ciencias económicas se produjeron críticas a la medición del consumo, el bienestar y la sostenibilidad ambiental. Simultáneamente, en el ámbito internacional se generan cuatro importantes antecedentes para el concepto sobre el desarrollo sostenible (Club de Roma, Unesco, Unep y Comisión Mundial del Medioambiente y Desarrollo). En el modelo económico estas variables se ven representadas en el sector político, científico, empresarial y del mundo desarrollado.

Club de Roma

Se creó en 1968 para promover un crecimiento económico más estable y equilibrado para todos los países (Club de Roma, 1973). Está conformado por destacados científicos, economistas, políticos y empresarios.

En 1971 presentó un primer informe titulado *Los límites del crecimiento*, elaborado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts bajo la dirección de Dennis y Donella Meadows. Allí proyecta simulaciones hacia el año 2100 de crecimiento en la economía y la población, predice problemas de contaminación, destrucción de tierras fértiles, insuficiencia de recursos energéticos, entre otros, desaprobando los procesos de crecimiento económico como objetivo global de la humanidad.

Es la primera vez en la historia de la humanidad que un informe plasma la grave mutación ecológica que afecta al planeta, un hecho sin antecedentes, ya que es creado por el propio ser humano y expone una gran parte de la vida en la Tierra.

Cabe anotar que este informe aviva por primera vez una preocupación global por la sostenibilidad

de la vida en el planeta. Aunque sus conclusiones fueron consideradas alarmistas por algunos sectores sus predicciones se han ido cumpliendo, lo cual ha generado conciencia ambiental.

En 1989 se publicó el segundo informe del Club de Roma, denominado *Beyond the Limits*.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco)

En 1971 la Unesco desarrolló el programa "El hombre y la biosfera", en el que percibe al planeta como un todo único, con sus componentes interrelacionados, de manera que la actividad humana generaba problemas ambientales cuya solución sólo podía lograrse planteando una legislación planetaria para solventar problemas como el agujero en la capa de ozono, la pérdida de biodiversidad y el calentamiento global, resultado de la sinergia de la actividad económica y su impacto en el medioambiente.

Organización de Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP)

La UNEP (1971) organizó una conferencia en Estocolmo, Suecia, para promover el movimiento medioambientalista mundial. La notificación de este evento sintetiza que la humanidad es obra, pero también creador, artesano y promotor de su entorno, el cual le otorga el sustento material y la ocasión para lograr su crecimiento económico, social, intelectual, moral y espiritual.

Así mismo, le recomendó a la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas crear el Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA) e institucionalizar el 5 de junio como Día Mundial del Medioambiente¹.

En 1973 se dio la llamada *primera crisis energética*, que afectó a todo el orbe, pero principalmente a los países desarrollados. Posteriormente, en 1979, se presentó la *segunda crisis energética*.

1. Resolución 2994 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, diciembre de 1972.



En 1976 en Vancouver, Canadá, se realizó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos (Hábitat I).

Comisión Mundial del Medioambiente y Desarrollo

Esta comisión publicó en 1987 el informe Brundtland, titulado "Nuestro Futuro Común". Entre sus principales recomendaciones registra acciones políticas enfocadas en el manejo adecuado de los recursos naturales.

En conclusión, entre 1970 y 1989 la crisis ambiental se insertó en el ámbito político como consecuencia de estos acontecimientos e informes científicos que advertían sobre el agotamiento de los recursos naturales.

Acontecimientos ambientales entre 1990 y 2015

- En 1992 ocurrieron varios acontecimientos dignos de resaltar. La primera es la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medioambiente de Río de Janeiro, en la que se reafirmó la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medioambiente aprobada en 1972 en Estocolmo, que establece una alianza ecuaníme al crear niveles de cooperación internacional, mediante la consolidación de acuerdos intergubernamentales para la búsqueda del desarrollo económico mundial basado en la integridad, la seguridad, el medioambiente, entre otros.
- También se firmó el Tratado de Maastricht o Tratado de la Unión Europea, que definió una nueva etapa integracionista, pues inició la incorporación política de la comunidad europea en los ejes temáticos de política exterior y seguridad común, y la cooperación policial y judicial en materia penal. Además, se estableció una ciudadanía europea y se creó el V Programa de Acción sobre el Medioambiente en la Unión Europea, cuyo objetivo era transformar el modelo de crecimiento comunitario e impulsar el desarrollo sostenible. Además, se indagó por

resultados a los problemas ambientales como el cambio climático, la contaminación de aguas, la gestión de los residuos y se buscaron nuevas relaciones entre los agentes intervinientes en el sector medioambiental.

- En 1994 se celebró en Aalborg (Dinamarca) la Primera Conferencia Europea de Ciudades y Poblaciones Sostenibles, en la cual 80 autoridades locales europeas firmaron la Carta de Aalborg para trabajar en pro de la sostenibilidad.
- En 1995 la Comisión Europea publicó el *Libro Verde* sobre el medioambiente urbano, en el que se hace una reflexión sobre la creciente urbanización y otros problemas mundiales como el cambio climático, la escasez de agua, la degradación ambiental, la reestructuración económica y la exclusión social.
- En 1996 se celebró la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamiento Humanos (Hábitat II), en Estambul. El tema principal era la vivienda adecuada para todos y el desarrollo sostenible de los asentamientos humanos en un mundo en proceso de urbanización.
- En 1998 se realizó la Conferencia de Naciones Unidas sobre cambio climático, cuyo protocolo tiene como objetivo reducir las emisiones de gases que causan el calentamiento global.
- En 2002 se celebró en Johannesburgo la Conferencia de Naciones sobre Desarrollo Sostenible. Se reunieron jefes de Estado y gobierno, delegados nacionales, dirigentes de organizaciones no gubernamentales (ONG) y empresarios. El motivo era tomar acciones para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la conservación de los recursos naturales, en medio de un crecimiento poblacional que aumenta la demanda de alimentos, agua, vivienda, saneamiento, energía, servicios sanitarios y seguridad económica.

Definición de desarrollo sostenible

Como se ha comentado, el concepto de desarrollo sostenible está relacionado con la intranquilidad que siente la comunidad internacional desde la segunda mitad del siglo XX al establecer un vínculo entre



desarrollo socio-económico y sus efectos sobre el medioambiente.

En 1983 la ONU creó la Comisión de Desarrollo y Medioambiente, integrada por personalidades del ámbito científico, político, económico, social y específico de los intereses de la comunidad internacional. Esta comisión la dirigió Gro Harlem Brundtland, primera ministra de Noruega en ese entonces.

Esta comisión analizó los siguientes aspectos:

- Desarrollo y medioambiente.
- Nuevas formas de cooperación en temas de desarrollo y medioambiente.
- Niveles de compromiso por parte de individuos, organizaciones, empresas y gobiernos frente al desarrollo y el medioambiente.

El Informe Brundtland (1987), denominado Nuestro futuro común (*Our Common Future*), utilizó por primera vez el término desarrollo sostenible (o desarrollo sustentable), definido como aquel que *satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones*.

Este manuscrito destaca la importancia de cambiar el concepto de sustentabilidad, basado en la ecología y dirigido con un énfasis especial al contexto social, económico y del medioambiente.

Algunas conclusiones del Informe Brundtland son las siguientes:

- Los modelos de crecimiento económico preponderantes en el ámbito mundial conducen al aniquilamiento paulatino de los recursos naturales del planeta, a la degradación ambiental y al aumento de la pobreza, lo cual registra una enorme falta de solidaridad intergeneracional.
- Propuesta de políticas públicas enfocadas en la reducción de los índices de pobreza basadas en acciones firmes por parte de los políticos y los ciudadanos, con el propósito de englobar los objetivos del desarrollo socioeconómico con la conservación ambiental.

- Es necesario relacionar el crecimiento demográfico con las reservas de recursos naturales y con las necesidades de alimentación, agua, infraestructura técnica, vivienda, espacio físico y energía. Sugiere que para enfrentar los retos del presente se requiere una población educada y sana, aspectos deficientes en el mundo.
- Se está generando una pérdida de biodiversidad y existe un gran riesgo de extinción de numerosas especies y la degradación de ecosistemas, de manera tal que se comprometen los servicios brindados a los seres humanos.
- Los recursos naturales, particularmente los no renovables y la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de la actividad humana, determinan serias limitaciones al crecimiento económico.

El informe Brundtland también hizo varias recomendaciones para vincular el desarrollo económico y el medioambiente:

- Los gobiernos deben regular los temas ambientales, reconociendo incentivos para disminuir los costos ambientales y utilizar de manera eficiente los recursos naturales.
- Los gobiernos deben difundir los informes sobre recursos naturales y calidad ambiental, estimulando y fomentando una contabilidad ambiental anual de estos recursos.

En virtud de lo anterior, se entiende que el desarrollo sostenible es una herramienta idónea para satisfacer las actuales necesidades sin comprometer y arriesgar los recursos actuales y futuros, es decir, la sostenibilidad se considera como una actividad que ayuda conservar, preservar y perdurar los medios productivos. A manera de ejemplo, la tala de árboles asegurando la reforestación se considera una actividad sostenible. Sin embargo, consumir petróleo no es sustentable, ya que no se conoce ningún sistema para crear petróleo a partir de la biomasa.

Las características del desarrollo sostenible son:

- Promover la autosuficiencia regional.
- Reconocer la importancia de la naturaleza para el bienestar humano.
- Asegurar que la actividad económica mejore la calidad de vida.
- Usar los recursos eficientemente.
- Fomentar el máximo de reciclaje y reutilización
- Buscar la manera de que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental
- Desarrollar e implantar tecnologías limpias
- Restaurar los ecosistemas dañados.

Desde otra perspectiva, Daly y Cobb sostienen que entre las interpretaciones incorrectas sobre el concepto desarrollo sostenible está considerar que sostenible significa mantener ilimitadamente un crecimiento económico. La visión optimista expresa que aunque los recursos naturales como el suelo y el agua son limitados, la tecnología puede superar este condicionamiento, según la teoría clásica.

El ámbito del desarrollo sostenible incluye lo ecológico, económico, y social. Considera el bienestar social con el medioambiente y la bonanza económica. El resultado plantea un conjunto de indicadores con las siguientes cinco magnitudes básicas:

- Preservar el medioambiente para no destruir los ecosistemas de flora y fauna.
- Desarrollo económico sin afectación a los ecosistemas.
- Mantener la paz, la igualdad y la dignidad humana para facilitar la autorrealización.
- Paz, igualdad y respeto hacia los derechos humanos.
- Ejercicio de gobiernos democráticos.

Existen unas condiciones para el desarrollo sostenible. Los límites del crecimiento sugieren tres reglas básicas en relación con la tasa de expansión de los recursos y residuos, supeditada a la inexistencia de un cambio demográfico positivo:

1. Los recursos se deben utilizar bajo la condición de autogeneración

2. Los agentes contaminantes se deben producir a un nivel que sean reciclados, neutralizados o absorbidos por el medioambiente.
3. Ningún recurso no renovable debe aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

Enfoques para aproximarse al desarrollo sostenible

Gracia-Rojas plantea la existencia de cuatro enfoques sobre desarrollo sostenible: economicista, ecológico, intergeneracional y sectorial.

El enfoque economicista es el más influyente en el mundo industrializado o en países en vía de desarrollo. Busca principalmente garantizar el crecimiento de la economía para otorgar mayor bienestar a la población. Es un enfoque antropocéntrico, en el que la naturaleza es un instrumento para beneficio del hombre y se debe explotar para mejorar la calidad material de la vida humana.

Para este enfoque es muy importante el desarrollo de nuevas tecnologías y el aporte científico en producción, urbanización y procesos industriales para satisfacer las necesidades y deseos de una creciente población. No hace explícitos el agotamiento de los recursos ni el incremento de la contaminación (Bustillo y Martínez, 2008).

Según Ramírez, Sánchez y García (2004), el enfoque ecológico es una ideología opuesta a la economicista. Considera importante la escasez de recursos, el incremento de la contaminación y la necesidad de generar cambios profundos en la forma de explotación de los recursos, producción y consumo.

Plantea la economía verde o economía ecológica como un mecanismo para alcanzar el desarrollo sostenible y las mejores condiciones medioambientales para las futuras generaciones, para lo cual es necesario el trabajo conjunto de gobiernos, empresas manufactureras, organismos no gubernamentales y de la sociedad en general, a



fin de gestionar planes y estrategias que faciliten la implementación de la economía verde.

El enfoque intergeneracional promueve una actitud responsable y medida frente a las actividades de explotación, consumo y utilización de los recursos, con el fin de asegurar para las futuras generaciones la posibilidad de aprovechar y satisfacer sus necesidades.

Visualiza una actitud responsable en las actividades de explotación y consumo de los recursos, con el propósito de asegurar a las generaciones futuras la posibilidad de satisfacer necesidades como los antecesores.

El enfoque sectorial aplica el concepto de desarrollo sostenible a diversos sectores sociales, como el gobierno y la industria, dependiendo de la actividad y los objetivos de cada uno. Contempla actividades como la agricultura sustentable, el ecoturismo, la industria limpia y la pesca sustentable.

Relación de la economía y la naturaleza

Naredo (2015), en *La economía en evolución*, presenta un cambio detallado en la ciencia económica hasta su constitución mecanicista y reduccionista, alejada de los valores morales y la ética, y del contexto físico y natural.

Según este autor, entre los siglos XVI y XVIII surgió un nuevo antropocentrismo relacionado con la idea de progreso, ciencia y razón, fundamentos que ayudaron a combatir las viejas creencias. A finales del siglo XVIII se modificó la concepción sobre el funcionamiento del universo y el papel del ser humano en él, impactando la percepción sobre los asuntos económicos.

La revolución se sustentaba en la filosofía atomista-mecanicista basada en el método analítico-parcelario de Descartes y en la concepción unificadora del universo de Newton, que se explicaba por la suma de las partes y por las leyes de la mecánica que regían en ese entonces el funcionamiento de todo. El enfoque atomista asumido pretende aislar los elementos del

universo observado y estudiar sus propiedades, sin analizar la relaciones interactuantes.

García (2003:71), retomando a Naredo, plantea “que antes de que surgiera la noción actual de lo económico, se estudiaban básicamente el comercio, los precios y los tipos de interés, pero no la producción de riqueza. Esa discusión surgió en el siglo XVI, motivada, entre otros factores, por la crisis económica que padecía España”.

Los fisiócratas, liderados por Quesnay, fueron los primeros en formalizar la economía al conceptualizar la tierra como un factor de producción y fuente de riqueza, logrando así que la agricultura se considerara el único sector rentable. No obstante, su valoración monetaria de los flujos pasó a la historia considerando a Quesnay como el padre de la contabilidad nacional.

En el siglo XVIII también se establecieron las ideas utilitaristas, que justificaban el afán de incrementar las riquezas. Jeremy Bentham (1789) lo sistematizó en sus *Principios morales*, sosteniendo que “la satisfacción del hombre se basa en el consumo de bienes y servicios, y que todo individuo intenta maximizar dicha satisfacción. En otras palabras, felicidad, producción y consumo van de la mano y son lo mismo”.

En este momento histórico, los autores clásicos ejecutan un giro en el problema central que afrontaba la ciencia económica, para alejarse del contexto físico y entrar a la esfera de lo social, al considerar el trabajo como factor de producción y generador de riqueza. Autores como Smith, Ricardo y Malthus trabajan sobre el tema de la renta tierra y las fuentes de riqueza y valor, limitándose al concepto de riqueza como el único modo de creación de bienestar.

De esta forma, el objeto de estudio de la economía excluía los recursos naturales por diversas razones:

- Aunque se estaban estudiando los rendimientos decrecientes, los recursos naturales no eran considerados recurso escaso.
- En el caso de la posibilidad de agotamiento, los neoclásicos planteaban la posibilidad de



sustituir los factores productivos con base en el progreso tecnológico.

- Este paradigma del pensamiento relacionaba los criterios de producción de riqueza y de utilidad en la imagen del bienestar.

Economía clásica vs. economía ecológica

Los economistas clásicos presentan al Homo oeconomicus como un ser racionalizador y maximizador de beneficios, con una conducta mecánica, despojando al comportamiento humano de cualquier interés cultural o psicológico, además de enfrentar una seria incapacidad para la gestión razonable de los recursos naturales.

No obstante, algunos clásicos han tratado el tema enunciado por García (2003:71).

Pigou, pionero de la economía del bienestar, acuñó el término *deseconomía externa* para reclamar la intervención del Estado en las actividades cuyos costos sociales excedían los beneficios privados. Un caso contrario es la propuesta de Ronald Coase, quien propuso resolver el conflicto empresa-sociedad o empresa-medioambiente por la delimitación y transparencia de los derechos de propiedad, limitando la intervención estatal.

La valoración monetaria es la herramienta de la economía ambiental para tasar los recursos y sus efectos ambientales, lo cual resulta difícil al compararlo con los neoclásicos, puesto que éstos reducen metodológicamente el cálculo al universo de los objetos apropiables e intercambiables, singularidades que muchos recursos naturales no cumplen. Además, es difícil valorar las preferencias de las generaciones futuras y tratar de reformular la contabilidad nacional para incluir el capital natural dentro del capital o riqueza nacional.

Como conclusión, se puede afirmar que la imposibilidad de valoración monetaria presenta un elevado grado de dificultad para incluir la naturaleza dentro de la metodología neoclásica.

Lo cierto es que la civilización está en *proceso de colisión* con el mundo natural. El Informe Brundtland afirma que la supervivencia de la humanidad está en peligro. Según la ONU (2000), "La *Declaración del Milenio* de las Naciones Unidas afirma que no debemos escatimar esfuerzos para liberar a la humanidad, y sobre todo a nuestros hijos y nietos, de la amenaza de vivir en un planeta irremediamente deteriorado por las actividades humanas y cuyos recursos no sean suficientes para sus necesidades".

Esto conduce a una crítica del paradigma dominante en economía: el ortodoxo, que constituye un cuerpo de ideas determinantes en la cosmovisión antropocéntrica y la relación de la raza humana con el resto del ambiente.

Bermejo (2011:14-15) manifiesta

Que a este paradigma contribuyeron decisivamente pensadores del siglo XVIII y XIX como Hobbes, Descartes, Locke y Newton. Por primera vez en la historia de la humanidad la especie humana cree ser la elegida, se estima dueña de la naturaleza, a la cual considera hostil y caótica, como en la ley de la selva. De tal forma que el progreso se consigue dominándola y humanizándola.

Al respecto, Schütz (1999:24) expresa: "*Cambiar el medioambiente según nuestros deseos*. Esta premisa es un pensamiento mecanicista, asumiendo que los comportamientos de los sistemas naturales y sociales pueden ser inferidos estudiando sus partes constituyentes".

Así, la visión del *Homo economicus* es la de un ser totalmente racional que maximiza su bienestar, identificándolo con la tenencia de bienes y servicios, lo cual muestra a los seres humanos como unidimensionales, dotados de infinitas necesidades y que hacen su máximo esfuerzo para satisfacerlas.

Mumford (1971) describe así el cambio de valores del mundo antiguo a la civilización industrial:

La felicidad era el verdadero objetivo del hombre y consistía en lograr el mayor bien para el mayor número y, en último lugar, la perfección de las instituciones humanas podía ser considerada aproximadamente por la cantidad de bienes que una sociedad era capaz de producir: necesidades en expansión, expansión del mercado, empresas en expansión... La felicidad y la producción ampliada eran la misma cosa.

De esta forma, existe el crecimiento ilimitado por parte de la economía, algo posible si el planeta tuviera recursos infinitos. Los clásicos (ortodoxos) creen esto argumentando que el desarrollo científico-técnico permitirá eliminar cualquier escasez, encontrando otros para sustituirlos o desmaterializando la economía.

Naredo (2010:3-5) en *Raíces económicas del deterioro ecológico y social*, plantea que:

Existe un divorcio entre economía y ecología. La noción de sistema utilizada en disciplinas como la ecología y la termodinámica, que surgieron al margen del dogma mecanicista, difiere radicalmente de la empleada por la economía, como se diferencia también su objeto de estudio; es por esto la desconexión, la incomprensión y el conflicto observado entre la economía convencional y las disciplinas componentes de la *economía de la naturaleza*.

Leyes de la termodinámica y economía ecológica

La termodinámica, como disciplina de la física, generó una revolución científica a finales del XIX, planteando las nociones físicas básicas como sustentadoras de la economía ecológica.

La termodinámica surgió por una obra de Sadi Carnot en 1824, quien estudiaba la eficiencia de las máquinas de vapor. En 1865 R. Clausius planteó las dos primeras leyes de la termodinámica en su formulación clásica:

- La energía del universo permanece constante, la entropía del universo se mueve en todo momento

hacia un máximo, la energía puede ser libre o disponible, se puede transformar en trabajo mecánico o energía latente o disipada (Clausius, 1865).

Según Sala y López (2011), en sus diferentes formulaciones de la termodinámica clásica, el descubrimiento de la Ley de la entropía destruyó el dogma mecanicista de la física clásica, planteando que todo movimiento tiene carácter de locomoción y es de doble dirección, reversible y de carácter no cualitativo. Esto implicaba que en la naturaleza no existían cambios irrevocables unidireccionales.

Los fundamentos biofísicos y la ecología muestran que el hombre no utiliza recursos de forma aislada sino ecosistemas, por lo cual este último debe ser la unidad de gestión apropiada.

Según Aguilera y Alcántara (1994), citado por García (2003), las principales conclusiones de la termodinámica son:

- “Ley de conservación. Primera ley de la termodinámica. La materia y la energía ni se crean ni se destruyen, sólo se transforman. El principal aporte de la economía ecológica proviene de la constatación de que la generación de residuos es algo inherente a los procesos de producción y consumo” (García, 2003).
- “Segunda ley de la termodinámica. Ley de la entropía, por la cual la materia y la energía se degradan continua e irreversiblemente desde una forma disponible a otra no disponible, o de una forma ordenada a otra desordenada, independientemente de ser usadas o no” (García, 2003).
- “Tercera noción que presenta dos vertientes: a) es imposible generar más residuos de los que puede tolerar la capacidad de asimilación de los ecosistemas, b) la imposibilidad de extraer de los sistemas biológicos más de lo considerado como rendimiento sostenible o renovable” (García, 2003).

Estas condiciones exigen poner límites a la actividad humana y, por lo tanto, a la economía, de manera



que se cuide la configuración y funcionamiento de los ecosistemas naturales.

Economía ecológica y desarrollo sostenible

Según Martínez y Jordi (2013), La economía ecológica es una disciplina que integra elementos de economía, ecología, termodinámica, ética y otras ciencias naturales y sociales para plantear una perspectiva integrada entre economía y ecología.

Precursores de la economía ecológica

Entre los fundadores de esta línea de pensamiento se encuentran los economistas Kenneth Boulding, Herman Daly y Nicolas Georgescu-Roegen, y los ecologistas Crawford Stanley Holling y Howarde Thomas Odum.

Castiblanco (2007:9-11) realiza un buen resumen sobre los antecedentes, expresando que

Desde finales del siglo XIX y principios del siglo XX, el biólogo Patrick Geddes, el médico ucraniano Sergei Podolinsky y el ingeniero Josef Popper-Lynkeus intentaron promover una visión biofísica de la economía, como un subsistema inserto en un sistema mayor sujeto a las leyes de la termodinámica.

Gómez (2003) comenta que Frederick Soddy, Premio Nobel de Química, planteó la imposibilidad desde la termodinámica que propone o sugiere la economía neoclásica o convencional, según la cual la energía acumulada fósil se degrada y genera riqueza, y afirmó *que no es posible degradar un flujo energético y considerar que se ha aumentado la riqueza física*. El aporte principal de estos científicos radica en sus consideraciones sobre la naturaleza termodinámica y biológica del concepto de *trabajo útil* y su relación con el concepto de riqueza. Desde este enfoque, la energía transformable que posibilita el mantenimiento de la vida constituye la verdadera riqueza.

Por su parte, el economista Kenneth Boulding publicó en 1966 un ensayo famoso en la economía ecológica

titulado *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, en el que manifiesta que

El planeta Tierra es una nave espacial que realiza un largo viaje, durante el cual sólo tendrá una fuente de energía externa: la energía solar. Además, poseerá existencias de recursos dependiendo de su capacidad para almacenar elementos antes de partir, pero a medida que disminuyan las existencias, también lo hará la esperanza de vida para aquellos que están a bordo de la nave, a no ser que encuentren la manera de reciclar el agua y los materiales y generar fuentes de alimentos.

Este trabajo destaca la necesidad de observar a la Tierra como un sistema económico cerrado, en el que la economía y el medioambiente no se caracterizan por tener relaciones lineales, sino una relación circular. La metáfora de la nave espacial es una premonición de la visión moderna de los problemas ambientales globales.

El estadístico Nicolás Georgescu-Roegen (2021) hizo aportes importantes al marco conceptual de la economía ecológica, incorporando los conceptos biofísicos, las leyes de conservación de la masa y la energía y la ley de entropía al análisis económico. Demostró que tanto la energía como la materia no son regenerables en ciclos continuos y perpetuos, estableciendo un planteamiento central sobre los límites biofísicos del crecimiento económico.

A partir de esta explicación, surgió la discusión sobre las posibilidades de sustitución o complementariedad entre el capital manufacturado y el capital natural. Según Georgescu-Roegen, citado por Cleveland, Ruth (1999), existen límites al grado de sustitución entre estos capitales relacionado con el nivel tecnológico, que también tiene acotaciones temporales y espaciales, ya que no se puede pretender que el destino del proceso económico sea *un jardín del edén terrenal*.

En 1971 Georgescu publicó *La ley de entropía y el proceso económico*, el cual sigue generando importantes debates entre economistas ortodoxos y ecológicos. Según Georgescu (1996), en su planteamiento o cuarta Ley de la Termodinámica

La materia, como la energía, también se encuentra sujeta a los procesos de disipación irreversibles. De esta forma es posible que la materia pueda convertirse en un limitante mayor para los procesos económicos que la misma energía, pues el proceso disgregatorio, degradativo y disipatorio de la materia es irreversible.

En general, los planteamientos de Georgescu-Roegen explican que la Ley de Entropía determina la verdadera ley de la escasez y el verdadero valor en los procesos económicos (Jiménez, Higón, 2003).

En el campo de los ecologistas, Holling y Odum han tenido bastante influencia. El primero, con sus aportes a la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas, ideas que han contribuido al desarrollo de modelos integrados y manejos adaptativos. Por su parte, Van Den Berg (2000) sostiene que Odum plantea "que todos los productos ambientales y servicios están respaldados por la energía solar, la cual constituye la fuente de energía básica de los procesos y funciones ecosistémicas. Además, propuso el método integrado de las interacciones economía-ecología, incorporando escalas globales y locales".

Otros economistas ecológicos destacados son:

- Joan Martínez Alier, quien ha escrito sobre los conflictos ecológicos distributivos y la deuda ecológica.
- Roberts Ayres con estudios sobre el metabolismo industrial y los límites del crecimiento.
- Los españoles José Manuel Naredo, Antonio Valero y Giuseppe Munda.
- Los franceses René Passet e Ignacio Sachs, quienes propusieron la idea del *ecodesarrollo*.
- El holandés Roefie Hueting.
- El alemán Christian Leipert.

El sistema económico como subsistema del gran sistema global

La complejidad, la dimensión holista, la incertidumbre, la irreversibilidad e inconmensurabilidad de los problemas ambientales exigen una nueva lógica,

una racionalidad diferente y nuevos planteamientos axiológicos para tener una visión ética menos antropocéntrica y más biocéntrica.

El paradigma económico ortodoxo o neoclásico cae en entredicho cuando considera al sistema económico como un subsistema del ecosistema global, el cual intercambia energía, materia e información con el ecosistema global; por tanto, está sujeto a las leyes y límites que impone la naturaleza.

Estas tesis de Georgescu-Roegen (1996) obliga a la reinterpretación del proceso económico en su conjunto y a un replanteamiento de la relación hombre-naturaleza, mediante el fenómeno de entropía que señala la irreversible degradación cualitativa de la energía.

Castiblanco (2008:12-13) explica que "las leyes de la termodinámica expresan cambio en los procesos económicos. A manera de ejemplo, en producción y consumo de bienes y servicios". Como lo plantea Georgescu-Roegen (1996) en su libro *La entropía y el proceso económico*: "Si el universo es una máquina térmica sujeta a la Ley de la entropía, hay entonces un comienzo, una historia y un fin".

El economista ecológico Herman Daly (2014) propone los siguientes seis principios o criterios operativos del desarrollo sostenible:

- Principio de irreversibilidad cero. Las intervenciones acumulativas y los daños irreversibles deben reducirse a cero.
- Principio de recolección sostenible. Las tasas de recolección de los recursos renovables deben ser iguales a sus tasas de regeneración natural.
- Principio de vaciado sostenible. En el caso de los recursos naturales no renovables, la tasa de extracción o explotación debe ser igual a la tasa de creación de sustitutivos renovables.
- Principio de emisión sostenible. Las tasas de emisión de residuos deben ser iguales a las capacidades naturales de asimilación de los ecosistemas, lo que implica emisión cero de residuos no biodegradables.
- Principio de selección sostenible de tecnologías.



Se deben favorecer las tecnologías que aumenten la productividad de los recursos, frente a las tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recursos (eficiencia frente a crecimiento).

- Principio de precaución. Ante la magnitud de los riesgos por enfrentar y los sesgos de información, se deben evitar acciones que conduzcan a desenlaces catastróficos y de carácter irreversible.

Sostenibilidad débil y fuerte

Los anteriores principios parecen claros y poco debatibles, hacerlos funcionales constituye un gran reto y su aplicación produce dos enfoques.

Enfoque débil. Tiene su origen en la economía neoclásica, que mediante la economía ambiental adopta la posición de *sostenibilidad débil*, cuya principal característica es asumir la complejidad de las funciones cumplidas por el patrimonio natural, que pueden alejarse en el agregado *capital natural*, que se puede remplazar con *capital fabricado*, basado en el optimismo tecnológico.

Enfoque fuerte. Proviene de la economía ecológica o *sostenibilidad fuerte*. Considera que el cambio perfecto de capitales (manufacturado y natural) no es posible; por el contrario, el mantenimiento de ciertos niveles de capital natural es necesario para reproducir el capital físico.

Crecimiento vs. conservación del medioambiente

La economía ecológica cuestiona el crecimiento ilimitado perseguido obsesivamente por la civilización y plantea el decrecimiento. Uno de sus exponentes, Serge Latouche, insiste, a diferencia de la economía ortodoxa, en la incompatibilidad entre el crecimiento económico indefinido y el mantenimiento a largo plazo de los recursos y servicios ecológicos.

Si bien es cierto que los niveles de crecimiento alcanzados han mejorado en indicadores como esperanza de vida o tasa de mortalidad, también es cierto que después de determinado PIB per cápita no necesariamente existe bienestar y se pueden producir

desórdenes sociales y personales como alcoholismo, drogadicción y suicidio.

El PIB per cápita es un indicador macroeconómico que presenta limitaciones al no registrar la desigualdad y el trabajo fuera del mercado, como el de las amas de casa, o ignorar las externalidades negativas de tipo ambiental. Realmente, los beneficios económicos netos en el bienestar humano se han obtenido a un alto costo, en términos de degradación de los ecosistemas.

La transformación en los ecosistemas desde la década de los sesenta del siglo XX no tiene precedentes, no son comparables con ningún otro periodo de la historia de la humanidad.

Entre los cambios no lineales están la eutrofización, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad o el colapso de las pesquerías.

El problema ambiental también es económico. Para Milanovic (2017), "La brecha entre ricos y pobres es cada vez mayor: el 20% de la población de países desarrollados se apropia del 80% de los recursos del planeta y recibe más del 80% del ingreso mundial". Los mayores costos del deterioro ambiental los enfrentan los países pobres, las clases más pobres, las mujeres y los indígenas.

Según Atkinson (2016), los generadores de cambio están relacionados con el crecimiento de la población, las migraciones, el crecimiento económico, los patrones de comercio y la inequidad en la distribución del ingreso.

Necesidad de un cambio de paradigma económico

Ante el apremio y la cercanía de una crisis ambiental global, es necesario reorientar el modelo de desarrollo actual, provocando un giro en la investigación y la práctica de las relaciones medioambiente-desarrollo y ecología-economía.

Esta propuesta implica una mayor imposición o mandamiento de valores éticos como solidaridad, civismo, fraternidad, equidad, inclusión, respeto y tolerancia, es decir, exige la construcción de un

capital social. Además, indica lo importante que es entronizar en la axiología social la frugalidad, la sobriedad y el ascetismo como un nuevo estilo de vida, modificando las pautas de consumo y producción dominante.

El papa Francisco (2015, p. 16) sostiene que existe una íntima relación entre los pobres y la fragilidad del planeta y de que existe la convicción de que en el mundo todo está conectado. También critica al paradigma ortodoxo y a las formas de poder que derivan de la tecnología, pero sobre todo invita a buscar otros modos de entender la economía y el progreso. Adicionalmente, expresa que “la existencia de una visión que consolida la arbitrariedad del más fuerte para propiciar inmensas desigualdades, injusticias y violencia para la mayoría de la humanidad, porque los recursos pasan a ser del ganador que se lleva todo” (papa Francisco, 2015, p. 16).

También pone en duda los modelos de desarrollo, producción y consumo, siendo necesario una ecología integral para incorporar las dimensiones humanas y sociales, inexistentes hoy, en los modelos de crecimiento. En otras palabras, el modelo de California ha fracasado, es prioritario comprender que en las actuales condiciones de la sociedad mundial, caracterizada por inequidades, resaltar el principio del bien común es un llamado a la solidaridad (papa Francisco, 2015, p. 138).

Insostenibilidad del sistema económico actual

Para que la economía sea sostenible es necesario que la ciencia o la disciplina económica comprenda e incorpore en sus análisis la lógica del sistema global, es decir, los ritmos, tiempos y escalas de los sistemas vivos, físicos y sociales.

Es preciso comprender que la relación del ser humano con la naturaleza plantea otras dimensiones diferentes a la utilitarista. Se requiere respetar la naturaleza para poder sobrevivir. De esta forma, la relación economía-ecología debe situarse en un plano diferente, que permita construir un cuerpo teórico que desarrolle los principios de sostenibilidad.

Se podría empezar por imitar a la naturaleza, cuyos residuos se utilizan en la cadena de los biosistemas, no se desperdicia nada. Una excepción podría ser las migraciones de aves y de peces, pero de resto todo se utiliza. Mientras tanto, las industrias no la imitan sino que producen toneladas de desechos y desperdicios,

Para Benyus (2012:20), la biomimesis es una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza para imitar o inspirarse en los diseños y procesos biológicos y poder resolver los problemas humanos. Por ejemplo, una célula fotovoltaica inspirada en una hoja. Adicionalmente, plantea la importancia de admitir que el ser humano ha llegado a su límite y puede ser una oportunidad para dar el salto a una nueva etapa en la que se adapte a la Tierra y no ella a él.

Transición a la economía solar

Frederick Soddy, Premio Nobel de Química de 1921, se interesó en temas económicos después de recibir el galardón. “Sustituyó los clásicos factores productivos de Smith como la tierra, el trabajo y el capital por tres factores nuevos: descubrimiento, energía y diligencia”. El papel sustancial que le otorgó este autor a la energía como factor productivo, le transformó en un diáfano antecedente de la economía ecológica.

Para Soddy, la fuente de toda vida es la energía que la Tierra recibe del sol. En tiempos remotos, parte de esa energía quedó fosilizada en forma de petróleo, gas y carbón, y eso ha dado lugar al “periodo ostentoso” de nuestra civilización, que en opinión de Soddy (1921) no durará mucho.

Criticó a la sociedad occidental, obstinada en el crecimiento ilimitado y en la acumulación de capital fijo, afirmando que era *bulbo que produce otro bulbo, nunca un tulipán*. Dividió la riqueza en dos clases, la consumible y la cuasi-permanente, destinada a producir más riqueza. Esta última se degrada, según las leyes de conservación de la materia y energía, por esa razón se debe consumir tan despacio como sea posible (Soddy, 1921).



Para este autor, el inmenso yerro y desacierto del sistema económico es su sistema monetario, el cual enreda la riqueza con la deuda. Los bancos, mediante la creación secundaria, originan depósitos de la nada, por los que cobran un interés. Estas deudas siguen las leyes de las matemáticas del interés simple y compuesto, pero la riqueza que les sirve de garantía sigue las leyes de la física, que se pudre y degrada con el tiempo.

Se puede concluir que en la teoría de Soddy la energía desempeña un papel importante en el paradigma del desarrollo sostenible.

La energía determina la supervivencia o muerte de las civilizaciones. Bermejo (2005), citado por Castiblanco (2007: 17), explica que “la civilización industrial se ha construido gracias a los combustibles fósiles”. Como ejemplo cita que a finales del siglo XX el 85% de toda la energía comercial mundial provenía de los combustibles fósiles, distribuida así: petróleo (85%), gas natural (23%), carbón (21%) y otros combustibles (1%). Como consecuencia, la civilización humana está en crisis por la proximidad o cercanía en alcanzar el techo de la explotación petrolera.

Ante esta situación se hace urgente la construcción de una economía solar, sustentada en energía renovable, dando prioridad en la política a estrategias de energías renovables y eficiencia energética, protección ambiental y conservación de recursos naturales.

El uso de energías renovables sirve para fortalecer las oportunidades de desarrollo económico, la reducción de la pobreza y evitar crisis económicas y conflictos por los recursos.

Bermejo (2005) plantea que para alcanzar una economía solar es necesario practicar al menos tres estrategias:

- “Eliminar las subvenciones a las energías no renovables y establecerles impuestos con aumentos progresivos”.
- “Practicar políticas integradas, como crear

infraestructuras necesarias, destinar fondos públicos para la investigación y el desarrollo energético”.

- “Establecer fundaciones y organizaciones para impulsar la economía solar como un mecanismo de energía renovable”. Bermejo (2005)

CONCLUSIONES

Es perentorio un cambio paradigmático e insostenible el modelo socio-económico actual. Los líderes mundiales plantean la necesidad de cambiar el modelo de consumismo y descarte por uno que respete el medioambiente.

La civilización humana debe aplicar en sus procesos productivos y de consumo una mimesis a la naturaleza, lo cual incluye economía circular, economía sostenible y termoeconomía. En caso contrario, la raza humana desaparecerá del planeta, cumpliéndose así las leyes de la termodinámica.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, F. (1994). *De la economía ambiental a la economía ecológica*. Colección Economía Crítica. Barcelona: Icaria y Fuhem.

Alt, F. & Hermann, S. (2009) Entrevista al Dr. Hermann Scheer. Promover las energías renovables en el mundo. *Era solar: Energías renovables*, 152, 48-52.

Asthon, T. (2001) *La revolución industrial 1760-1830*. México: Fondo de Cultura Económica.

Atkinson, A. (2016). *Desigualdad. ¿Qué podemos hacer?* México: Fondo de Cultura Económica.

Benyus, J. (2012). *Biomímesis. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza*. Barcelona: Tusquets Editores.

Bermejo, R. (2005). *La gran transición hacia la sostenibilidad. Principios y estrategias de economía sostenible*. Madrid: Editorial Catarata.

- Bermejo, R. (2011). *Manual para una economía sostenible*. Madrid: Editorial Catarata.
- Brue, S. & Randy, G. (2009). *Historia del pensamiento económico*. México: Cengage LEARNING.
- Bustillo, L. & Martínez, J. (2008). Los enfoques del desarrollo sustentable. *Revista Interciencia: 33 (5)*, 389-395. Caracas.
- Carson, R. (2001). *Primavera silenciosa*. Madrid: Editorial Crítica.
- Castiblanco, C. (2007). La economía ecológica, vol 10, No. 3. Diciembre. Instituto de estudios ambientales (IDEA). Universidad Nacional de Colombia.
- Centro de Estudios Internacionales Gilberto Bosques. Foro de legisladores de la Agencia Internacional de las Energías Renovables IRENA: Abu Dhabi. Emiratos Árabes Unidos. 11 al 14 de enero de 2018. (2022). Recuperado el 18 de agosto de 2022, de https://centrogilbertobosques.senado.gob.mx/docs/110118_1_1.pdf.
- CIDOB (2021). Center for International Affairs, Biografía de líderes políticos. gro harlem brundtland. https://www.cidob.org/biografias_de_lideres_politicos/europa/noruega/gro_harlem_brundtland
- Cleveland, J. & Ruth, M. (1999). ¿ Cuándo, dónde y por cuánto, los límites biofísicos restringen el proceso económico. Una investigación sobre la contribución de Georgescu-Roegen a la Economía Ecológica. *Ecological Economics*. 22(3). Traducción del profesor Ramón A. Berrio de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Club de Roma (1973). *El nuevo umbral*. Buenos Aires: Ediciones Macchi.
- Daly, H. (2008), *Economía ecológica*, portugal, ediciones piaget,
- Escobar, A. (1996). *La invención del tercer mundo. Construcción y deconstrucción del desarrollo*. Bogotá: Editorial Norma.
- García, M. (2003). Apuntes de economía ecológica. Boletín económico de ice no 2767. 28 de abril al 4 de mayo.
- Georgescu-Roegen, N. (2021). *Ensayos bioeconómicos*. Madrid: Los libros de la Catarata.
- Georgescu-Roegen, N. (1996). *La Ley de la Entropía y el proceso económico*. Madrid: Fundación Argentaria.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *La ley de entropía y el proceso económico*. Madrid: Fundación Argentaria. Colección Economía y Naturaleza.
- Gómez, C. (2017), El desarrollo sostenible conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación. Issuu. Recuperado el 18 de agosto de 2022, de https://issuu.com/termodinamica/docs/el_desarrollo_sostenible_conceptos_.
- Gómez, L. J. (2003). Fundamentos de la economía ecológica, relaciones de la economía real con la termodinámica y la ecología. Documento de Trabajo.
- García-Rojas, J. P. (2015). Desarrollo sostenible: origen, evolución y enfoques (CW). Universidad Cooperativa de Colombia.
- Informe Brundtland. Comisión para el Medioambiente y el Desarrollo. ONU (11/12/1987). Consultado julio 12 de 2108.
- Jiménez, L. & Higón, F. (2003). *Ecología y economía para un desarrollo sostenible*. Valencia: Ediciones La Nau Solidaria. Publicaciones Universidad de Valencia.
- Marcellesi, F., N. (2018). Nicholas Georgescu-Roegen, padre de la bioeconomía. Recuperado el 18 de agosto de 2022, de <https://www.ecologiapolitica.info/?p=5495>.
- Martínez, J. & Roca, J. (2013). *Economía ecológica y política ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.



Milanovic, B. (2017). *Desigualdad mundial. Un nuevo enfoque para la era de la globalización*. México: Fondo de Cultura Económica.

Mumford, L. (1971). *Ciencia, técnica y civilización*. Madrid: Alianza Editorial.

Naredo, J. (2015): *La economía en evolución*. Madrid: Siglo XXI Editores.

Organización de Naciones Unidas (ONU) (1972). Resolución Asamblea General, 2994 del 15 de diciembre.

ONU (2000). Asamblea General. Declaración del Milenio. Quincuagésimo quinto periodo de sesiones.

Papa Francisco (2015). Carta encíclica. Alabados Seas. Sobre el cuidado de la casa común. Bogotá: San Pablo Editorial.

Pearce, D. & Turner, F. (1995). *Economía de los recursos naturales y el medioambiente*. Madrid: Ediciones Celeste.

Sala, J. & López, L. (2011). *Termodinámica fundamental*. Universidad de la Rioja. España

Schumacher, E. (1987). *Lo pequeño es hermoso*. Madrid: Hermann Blume.

Schütz, J. (1999). The value of economic reasoning. *Ecological Economics*, 31.

Soddy, F. (2022). Biografía. Wikipedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Frederick_Soddy&oldid=140711987

Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (2022). <https://www.iucn.org/es>.

Van Den Berg, J. (2000). Ecological economics: themes, approaches and differences with environmental economics. Institute Tinbergen. Paper Discussion. Department of Spatial Economics.