



## **ESTADO DEL ARTE DE LA ECONOMÍA ECOLÓGICA: TESIS CENTRALES**

**Nathalia Manrique Arango\***

*“Cualquiera que crea que un crecimiento exponencial puede continuar  
para siempre en un mundo finito es o un loco o un economista”*

*Kenneth Ewarth Boulding*

### **RESUMEN**

La crisis ambiental actual es compleja y cubre una serie de aristas íntimamente ligadas: sociedad, ecosistema, actividades económica, política y cultural, etc. Sin embargo, tal crisis se ve causalmente asociada con las acciones que inducen a la depredación no sostenible de recursos: se busca transformar los recursos naturales en insumos y/o productos para el consumo y para su posterior desecho final. Por lo cual se dice que la Economía es aquella actividad que transforma materiales con baja entropía en materiales con alta entropía.

El aumento considerable de desperdicios redundando en el decrecimiento de la calidad de vida de los seres humanos, que se evidencia en el aumento de las tasas de mortalidad a causa de la contaminación, el desplazamiento de comunidades por inundaciones o sequías y la reducción del patrimonio ambiental, lo que finalmente se traduce en la disminución de la cantidad de

---

\* Economista Universidad Autónoma Latinoamericana (UNALA).  
Natalia.manriquearango@gmail.com

energía disponible para la conservación de la especie, como la única que ha traspasado los límites en la búsqueda de la acumulación de todos aquellos órganos exosomáticos que permitan la consecución de sus sueños de volar, nadar, alcanzar grandes velocidades, fuerza, etc., y es en esa búsqueda en donde se ha intervenido la naturaleza, creando un gran caos que no sólo disipa la energía sino que crea pobreza y hambre.

La Economía Ecológica se presenta como una alternativa que bien podría dar solución a la crisis ambiental que la formación económica ortodoxa no ha logrado desde sus teorías y modelos orientar.

**Palabras clave:** Energía, Ecología, Ambiente, Economía, Termodinámica, Sustentabilidad.

**Clasificación JEL:** Q57

## **STATE OF THE ART OF THE ECOLOGICAL ECONOMY: MAIN THESES**

### **ABSTRACT**

The current environmental crisis is complex and it covers a series of intimately bound edges: society, ecosystem, economical, political, and cultural activities, etc. However, this crisis is mainly caused by the non sustainable pillaging actions on resources: the goal is to transform natural resources into consumables and ultimately into their later final waste. That is why it is said that Economy is that activity that transforms materials with low entropy in materials with high entropy.

This considerable increase of waste gives way to the quality of human life decrease that is evident in the increase of the death rates due to contamination, displacement of communities for floods or droughts and the reduction of the environmental patrimony; which in the end is reflected in the decrease of energy available for the conservation of the species, being the human one the only species that has gone beyond its limitations in the search for the accumulation of goods that allow it to attain its dreams of flying, swimming, reaching high speeds, and strength, etc. And, it is in that search where nature has been taken

over; creating a great chaos not only dissipating energy but also creating poverty and hunger.

The Ecological Economy is presented as an alternative that could solve the environmental crisis that the orthodox economy has not been able to solve with its theories and models.

**Key words:** Energy, ecology, environment, economy, thermodynamic, sustainability.

**JEL Classification:** Q57

*“El ser humano está decidido a llevar una existencia corta pero extravagante”*

*Nicolás Georgescu-Roegen*

## INTRODUCCIÓN

El despertar de la ciencia hacia las cuestiones ecológicas y ambientales, que se presentó en la década de 1970-1980, al parecer, fue producto de una labor preparatoria por algunas publicaciones y sucesos importantes, como la creación de la International Union for the Conservation of Nature (1948). Se publicaron, entre 1950 y 1952, los libros de Karl William Kapp y Sigfried Von Ciriacy-Wantrup “Los costos sociales de la empresa privada” y “Conservación de recursos: economía y política”, respectivamente; en 1955 se llevó a cabo el Simposio sobre “Man's role in changing the face of the Earth” en Princeton (USA); y en la década de 1960 se conoció el trabajo del economista Kenneth Boulding llamado “La Economía de la Nave Espacial llamada Tierra” (1966).

Estos acontecimientos no sólo movilizan el pensamiento en los medios académicos, sino que crean profunda recordación en la población sobre los términos: Ecología y Ambiente. Se inicia esta agitada década con la publicación del I Informe Meadows al Club de Roma (1971), que “subrayaba la evidente inviabilidad del crecimiento permanente de la población y sus consumos: el crecimiento acumulativo continuado – y por tanto exponencial- sólo podía darse de modo transitorio en el mundo físico. ... La osadía del informe consistió en recordar esta olvidada conexión [valores pecuniarios-mundo físico]”<sup>i</sup>. Poco después, sucedió la puesta en marcha del

Programa Man and Biosphere (MaB) de la UNESCO (1971), con el propósito de asociar la conservación a la gestión económica y a la reducción de la pobreza que aquejaba a buena parte de la Humanidad. En Estocolmo (1972) se llevó a cabo la primera Conferencia Mundial sobre el Ambiente Humano por mandato de la Asamblea General de las Naciones Unidas que se ocupó de todas las formas de degradación ambiental y sus causas entrópicas. Allí se promovió el lanzamiento del Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA). De igual manera, se produjo la primera crisis energética (1973) que según Naredo (2006) “indujo a reconsiderar los patrones de vida y de comportamiento de la civilización industrial”, lo que redundó en la búsqueda de alternativas energéticas que afectaron, fundamentalmente, los precios del petróleo. Finalmente, se instaló en Vancouver, Canadá, la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (1976).

No obstante, sólo hasta 1982, y con el propósito de integrar a economistas y ecologistas, la ecóloga Ann Marie Jansson organizó un simposio en la Fundación Wallenberg en Suecia, al que asistieron cuarenta y ocho participantes, entre los que se destacan: Robert Costanza, Herman Daly, Juan Martínez Alier, Kenneth Boulding, Cutler Cleveland, John Cumberland, Robert Goodland, Bruce Hannon, H.T. Odum, y David Pimentel; diecisiete de ellos, hicieron parte del consejo de redacción de la nueva revista Economía Ecológica. Años más tarde, en 1987, volvieron a reunirse, durante un taller, en Barcelona para fundar la Sociedad Internacional para la Economía Ecológica vigente en la actualidad.

## ECONOMÍA ECOLÓGICA

La Economía Ecológica es un campo de estudio transdisciplinario<sup>ii</sup>, definido como la ciencia y gestión de la sustentabilidad, de acuerdo con la deliberación realizada en la primera conferencia mundial de economistas ecológicos llevada a cabo en 1990, cuyas memorias quedaron consignadas en el libro de Robert Costanza, “Ecological Economics: the science and management of sustentability”, anotando que “La Economía Ecológica es un nuevo campo de estudio transdisciplinario que direcciona la relación entre ecosistemas y sistemas económicos, en el sentido más amplio. Estas relaciones son centrales para muchos de los recurrentes problemas de la Humanidad

y para la construcción de un futuro sustentable que no son bien cubiertos por ninguna disciplina científica existente<sup>iii</sup>.

Considerar la Economía Ecológica como un intento de asignar valores monetarios a los recursos y a los servicios ambientales es un razonamiento equivocado, puesto que esto es sólo parte de una tarea más amplia, cual es examinar el sistema económico en términos de su metabolismo y de los impactos de este en relación con el medio natural.

Los insumos necesarios para la construcción de una visión ecológica de la Economía estaban disponibles, mucho antes del nacimiento de una Economía Ecológica consciente de sí misma. En efecto, a mediados del siglo XIX, habían sido establecidas y formalizadas las primeras leyes de la termodinámica. Así mismo, a finales de este siglo, el biólogo y urbanista Patrick Geddes precursor del urbanismo ecológico y el Doctor en Medicina con estudios en fisiología animal, el ucraniano Sergei A. Podolinsky, habían promovido sin éxito una visión biofísica de la economía como un subsistema (econosfera) de un sistema mayor (biosfera) sujeto a tales leyes.

Del mismo modo, en 1921 el premio Nobel de química, Frederick Soddy escribió sobre energía y economía, planteando, lo que se ha considerado una de las críticas más fuertes a la Economía Estándar, debido a que según él, los economistas confundían la riqueza real con unos papelitos legalizados en forma de dinero. En consecuencia, estos tres estudiosos fueron considerados como los pioneros en la integración de la física a través de las leyes de la termodinámica y la Economía que años más tarde, cuatro, estos sí economistas reconocidos, sin formar una escuela, fueron reconocidos en retrospectiva como economistas ecológicos, ellos son: el inglés Kenneth Ewarth Boulding, los alemanes Karl William Kapp y Sigfried Von Ciriacy-Wantrup, y el rumano Nicolás Georgescu-Roegen.

En la Economía Ecológica, se considera la economía como un subsistema incrustado en el ecosistema global del planeta Tierra (biosfera), que es dinámico, sistemático y evolutivo y en el cual los seres humanos son un componente. El objetivo macro es la sustentabilidad del sistema económico-ecológico combinado y no el progreso técnico, razón por la cual desde la Economía Ecológica, se cuestiona la Economía Estándar,

por considerar el progreso técnico, como el medio más eficaz para superar las limitaciones que imponen los recursos naturales en un mundo físico, legado de la revolución industrial, y así resolver los problemas de la sociedad moderna, motivando un crecimiento continuo.

Es propicio anotar que el mismo Gandhi, luego de la independencia de la India en 1947, fue cuestionado sobre si la India trataría de lograr el nivel de vida Británico, a lo que respondió indicando que: “Si el Reino Unido ha necesitado expoliar medio planeta para conseguirlo, ¿Cuántos planetas necesitaría la India?”<sup>iv</sup>

Resumiendo, según Costanza, son tres los problemas básicos sobre los cuales se enfoca la Economía Ecológica: asignación, distribución y escala, siendo esta última una de las diferencias más grandes entre la Economía Ecológica y la Estándar.

El término *asignación*, se refiere al fraccionamiento relativo del flujo de recursos entre usos potenciales del producto y responde al cuestionamiento, sobre cuánto se destina a la producción de carros, neveras, camisas, etc. Una asignación eficiente es aquella que asigna recursos entre usos finales del producto, conforme a las preferencias individuales sopesadas por la capacidad de pago del individuo. El instrumento de política que aboga por una asignación eficiente, es el de precios relativos determinados por la oferta y la demanda en mercados competitivos. De esta manera, la Economía Ecológica acepta, en gran parte, la teoría neo-clásica de la asignación.

Cuando el cuestionamiento es cuántos de los recursos representados, en productos y servicios finales, se destinaran para los miembros de la sociedad actual y futura, se refiere a la *distribución*, de esta forma se está atendiendo al fraccionamiento relativo del flujo de recursos entre personas alternativas. En este sentido, una buena distribución es justa o equitativa, cuando el grado de desigualdad se limita dentro de cierto rango aceptable. El instrumento de política, para una distribución justa o equitativa, puede ser el de las transferencias públicas.

Y por último, la *escala*, término que hace referencia al volumen físico del rendimiento, el flujo de materia-energía que proviene desde el medio ambiente como materias primas de baja entropía y que regresa a él, en forma de desechos y desperdicios de

alta entropía, lo que altera los ciclos de la materia. “La escala se mide, en unidades físicas absolutas, pero su importancia es relativa a las capacidades naturales del ecosistema para regenerar los insumos y absorber los productos de desperdicios sobre una base sustentable. Es probable que el mejor índice de la escala de rendimiento sea el PNB real, aunque medido en unidades de valor ( $P \times Q$ , en donde  $P$  es el precio y  $Q$  es la cantidad)”<sup>v</sup>.

Propone Costanza que, para algunos propósitos, la escala del rendimiento podrá medirse mejor en términos de la energía incorporada al proceso y que es importante, en relación con el tamaño fijo del ecosistema, pues la economía es un subsistema abierto del ecosistema más grande. Una escala buena es aquella que es al menos, sustentable. Es decir, aquella que no deteriora la capacidad de carga ambiental con el paso del tiempo.

Es importante detallar que la actividad económica se sustenta sobre los recursos renovables y servicios ecológicos que generan los ecosistemas, cuya función es básica y fundamental en el avance de la vida sobre la Tierra en todas sus escalas jerárquicas. Así “Los servicios ecológicos son aquellas funciones del ecosistema que respaldan y protegen las actividades humanas o que afectan el bienestar humano, incluyen el mantenimiento de la composición de la atmósfera, mejoramiento y estabilidad del clima, controles de inundaciones y abasto de agua potable, asimilación de desperdicios, reciclaje de nutrientes, generación de suelos, polinización de cultivos, abasto de alimentos, mantenimiento de las especies y una vasta biblioteca genética, y también el mantenimiento del paisaje, lugares recreativos, valores estéticos y de amenidad.”<sup>vi</sup>

Es la biodiversidad, en todos los niveles de especies, de genética, de población y de ecosistemas la que favorece al mantenimiento de estas funciones y servicios, y de ahí su importancia. Cairns y Pratt argumentan que una sociedad culta ambientalmente aceptaría que en el largo plazo la mayoría, si no todas las funciones del ecosistema, son benéficas para la sociedad.

Las sociedades industriales rara vez tienen en cuenta los servicios ecológicos. Es así como su valor no se refleja en los precios de los productos, debido a la confianza de

que los avances tecnológicos logran encontrar sustitutos técnicos para la pérdida de bienes y servicios del ecosistema. Sin embargo, a medida que aumenta la actividad humana, el daño ambiental se acentúa, no sólo en los ecosistemas locales sino en el regional y global. Es de suma importancia la consideración de que una economía sana, sólo puede existir en una simbiosis con una ecología sana, gracias al grado de interdependencia.

Pero si la escala, es decir, el volumen físico del rendimiento debe ser sustentable ¿qué significa la sustentabilidad? Costanza explica que definir el término realmente es fácil: “Un sistema sustentable es aquel que sobrevive o persiste. ...biológicamente, esto significaría evitar la extinción y vivir para subsistir y reproducirse, económicamente, significa evitar grandes trastornos y colapsos, protegerse en contra de inestabilidades y discontinuidades. La sustentabilidad, en su fundamento, siempre se relaciona con la temporalidad y, en particular, con la longevidad.”<sup>vii</sup>

No se espera que ningún sistema tenga una duración de vida infinita, ya que los ecosistemas sufren una sucesión, gracias a sus cambios internos como a las condiciones externas (climáticas). Es preciso el reconocimiento de los cambios, dentro de los límites normales a la duración del sistema y los cambios que cortan, de manera prematura, la duración esperada del mismo, con el propósito de considerar las gestiones adecuadas que promuevan una duración del sistema, acorde con su ciclo.

Un sistema grande, en el que sus componentes tienen una duración de vida corta, es proclive a una mejor adaptación a las condiciones de vida cambiante que hacen extender su longevidad. Caso contrario ocurre en un sistema conformado, por partes que duran demasiado. Esto no beneficia una adaptación, con suficiente rapidez, a los cambios, volviendo al sistema frágil y por último, un sistema en el que sus componentes o partes no duran lo suficiente y la longevidad del sistema en el nivel superior es interrumpida, innecesariamente, o no cumple con la duración esperada, es insustentable. Por lo anterior, se puede establecer que lograr la sustentabilidad general del sistema requiere del equilibrio entre la longevidad y la adaptación evolucionista.

Los sistemas ecológicos son el mejor modelo de un sistema sustentable para plantear y preservar sistemas económicos sustentables, en los cuales los desperdicios se reciclan en una parte del sistema o se disipan por completo. Esto implica que, en un sistema económico sustentable, el ciclo debería cerrarse de manera similar, encontrando usos alternativos para los desperdicios, reciclando el material en lugar de permitir que afecte a otros ecosistemas. “En muchos casos, lo que nos parecen desperdicios son recursos colocados en el lugar equivocado.”<sup>viii</sup>

En los ecosistemas, el desarrollo de los circuitos cerrados de reciclaje de materia orgánica, nutrientes y otros materiales, ha necesitado de incontables años de ensayo-error, debido a que el proceso de cerrar los circuitos y construir sistemas naturales no contaminantes organizados requiere de conexiones o mecanismos de retroalimentación que deben evolucionar y hay características que mejoran, y otras en cambio, retrasan el proceso evolutivo, no obstante, en el ser humano este proceso puede ser acelerado y mejorado gracias a su capacidad de percibir, perfeccionar y aligerar el proceso.

Concluyendo, el capital natural o los recursos naturales y el capital hecho por el hombre son complementarios, más que sustitutos, supuesto neo-clásico que distorsiona la realidad, pese a la conveniencia analítica profesada por esta escuela. Es absurdo pensar en que son sustitutos, toda vez que el capital hecho por el hombre, requiere para su producción de aquel insumo al que está sustituyendo.

## ANTECEDENTES

### -PIONEROS ECONOMÍA ECOLÓGICA-

Los pioneros en la Economía Ecológica -Podolinsky (1880), Geddes (1884) y Soddy (1921)-son autores, dentro del campo de las ciencias sociales y naturales del siglo XIX y principios del siglo XX, que se plantearon ciertos aspectos de la relación entre sistema económico y flujos de energía en la sociedad humana, una vez formuladas las leyes de la termodinámica. En sus escritos se hace notoria la exploración, sobre las implicaciones que la energía y las nociones termodinámicas podían tener para la sociedad y las ciencias sociales. De ahí, su importancia para la ulterior construcción de una Economía Ecológica.

El socialista ucraniano Sergei Podolinsky (1850-1891) con doctorado en Medicina y estudios en fisiología animal, publicó, en 1880, en la revista rusa Slovo un artículo titulado “El trabajo del ser humano y su relación con la distribución de la energía”. En el artículo, trabaja sobre la tesis de que, mediante la agricultura, la especie humana lograba ser como una máquina termodinámicamente perfecta. Es decir, que con la energía obtenida mediante el trabajo lograba alimentar su combustión interna, gracias no sólo al trabajo útil de los hombres y de los animales domésticos sino a la fotosíntesis realizada por las plantas encargadas de interceptar la energía proveniente del Sol al planeta. El trabajo del ser humano y de los animales, a cuyas acciones podemos aplicar el concepto de trabajo, es una manifestación de la energía mundial global; dicho de otro modo, estudió la economía humana, como un sistema de conversión de energía.

El aporte principal de Podolinsky a la Economía Ecológica, es la incorporación del concepto termodinámico de dispersión de energía que compara con trabajo improductivo, y el concepto de aumento de la energía disponible sobre la superficie de la Tierra que asimila al de trabajo productivo. De otro modo, que sólo el trabajo humano, o animal, que aumenta la energía disponible es productivo por cuanto permite efectivamente producir riqueza; y en segundo lugar, que este trabajo es una forma de completar uno, dejado a medias por las plantas que transforman la energía solar en energía de afinidad química libre.

El biólogo y urbanista escocés Patrick Geddes (1854-1932), concebía la ciudad dentro de un marco regional y, desde un punto de vista ecológico, se cuestionaba acerca de los flujos de energía, de agua y de materiales que ingresaban a la ciudad y sobre el destino de los residuos. Por ello, es conocido como el precursor de un urbanismo ecológico que, hacia finales del siglo XX comenzó a crecer. En 1884 publicó un artículo que tituló “Un análisis de los principios de la economía” en el que se propone realizar una crítica a la economía y reconocer los principios económicos que sirvan para la subsiguiente construcción de un sistema económico, en armonía con las ciencias básicas.

Su tesis se basa en una visión de la Economía, como un subsistema del sistema físico-químico y biológico más amplio, donde es necesario el conocimiento de las Leyes de conservación de los materiales y las Leyes de conservación y disipación de la energía. Por lo cual, formula la idea de estudiar los flujos de energía y materiales, que recorran el sistema socioeconómico y conformaban su particular metabolismo. Para lograrlo procedió por etapas, centrándose primero en los principios físicos a partir de los cuales "...los fenómenos sociales deben considerarse simplemente en relación a la energía y materia consumida o liberada", postulando, por primera vez, la necesidad de una economía física que se encarga del "...estudio de ciertas formas de materia en movimiento"<sup>ix</sup>.

Geddes apuntaba, además, el interés de seguir el balance de energía y materiales en su evolución histórica. Esto representa su mayor aporte a la cimentación de una Economía Ecológica, años más tarde.

Existen consideraciones prácticas y teóricas, para clasificar la economía en una u otra ciencia. Hay quienes la consideran "una ciencia lógica, otros matemática, otros física, otros biológica, otros psicológica, otros social y otros ética; mientras algunos mantenían que pertenecía en parte a una de estas ciencias y en parte a otra. Sin embargo, otros, como si la riqueza con la que están tratando no fuera material, y la población cuyas leyes discuten no estuviera formada por organismos vivos, la aíslan prácticamente de las ciencias relacionadas con la materia y con la vida."<sup>x</sup>

Frederick Soddy, (1877-1956) químico inglés que obtuvo el Premio Nobel en 1921 cuando fue profesor en Oxford, el 10 y 17 de mayo de 1922, presentó dos conferencias que tituló: "Economía Cartesiana: La influencia de la ciencia física en la administración del Estado", a un grupo de estudiantes de Economía del Birkbeck College y de la London School of Economics, expuso, en su conferencia, la tesis de que la Humanidad vive gracias al flujo originario de energía que el Sol emana diariamente. Esta energía, transformada por las plantas en energía vital, es la verdadera riqueza, regida inexorablemente por las leyes de la termodinámica, por lo cual, las leyes de la naturaleza humana, no deben ir en contraposición a las leyes de la naturaleza.

Soddy también reconoció las estrechas conexiones entre Economía y consumo energético. Basó su crítica del moderno sistema industrial en el carácter disipador de éste, asentado en el consumo creciente de recursos naturales no renovables, lo que lo convierte en otro pionero en el campo que, posteriormente, se denominó Economía Ecológica.

Comenzó su primera conferencia dando respuesta a su cuestionamiento: ¿Cómo vive la Humanidad?, o mejor, ¿gracias a qué vive la Humanidad? La Humanidad vive gracias al Sol, gracias a ese flujo originario de energía lumínica, que es transformado por las plantas en energía vital a través del maravilloso proceso de la fotosíntesis, con el propósito de satisfacer los requerimientos de la vida. Así, el punto de partida de la economía cartesiana es la energía, y sus leyes, la de la conservación y la de la transformación, conocidas también como la primera y segunda leyes de la termodinámica. Cabe anotar que Soddy hace una precisión al término energía, que debe ser entendido en el sentido científico más estricto. Es decir, como energía mecánica (cinética y potencial), algo diferente de energía mental que él considera como “la dirección y guía de la energía física”<sup>xi</sup>. Por lo tanto, “si nos desconectáramos del Sol, el mundo quedaría sin vida, no sólo vida animada, sino también la mayor parte de la “vida” de la naturaleza inanimada”, comenta.

Para mantener su proceso homeostático, o su combustión interna, el hombre requiere un consumo constante de energía. Precisamente, es este flujo de energía el que satisface los requerimientos de la vida gracias al proceso transformador de la energía lumínica en energía vital, el que produce la verdadera riqueza que no puede ser, por su naturaleza, ahorrada como un depósito o un fondo. Al contrario, debe ser consumida. El consumo implica dejar la energía, en estado no apto, para su posterior transformación, entendiendo la transformación como aquel proceso en el que tomada de la naturaleza, pasa a una forma en que los hombres puedan usar y asimilar, y así puede destinarse a dos usos: un uso vital o el “uso metabólico fundamental en el cuerpo para el proceso de la vida”<sup>xii</sup> y el uso laboral para “hacer el trabajo externo, que se hace mejor con energía inanimada”<sup>xiii</sup>. Al comienzo su uso vital se manifestó, de manera espontánea e intuitiva, mediante la experiencia de los primeros intentos y errores y por la supervivencia de los más aptos. Sin embargo, el uso laboral, siempre ha sido conscientemente dirigido a través de la utilización del ingreso de energía

solar, eólica, la fuerza del agua y el combustible forestal para dar paso al uso del capital real, acumulado durante millones de años y que dio luz a la civilización capitalista, el carbón. Por lo cual, antes del siglo XIX, la Humanidad vivía de sus ingresos. Ahora, aumenta esos ingresos a costa del capital.

## EVOLUCIÓN

### -CUATRO TESIS CENTRALES-

Los pioneros que habían sentado las críticas a la Economía Estándar, con un enfoque ecológico, como se referenció anteriormente, venían, desde diferentes disciplinas, médicos, biólogos, químicos. No obstante, habrían de pasar, aproximadamente, cuarenta años para que, desde la propia Economía, se formularan las críticas en el mismo sentido.

Surgen, sin previa concertación, cuatro tesis de economistas que constituyeron, sólo años más tarde, las bases teóricas para la creación de una Economía Ecológica, consciente de sí misma, que, como ya se indicó, se formaliza tras la reunión de economistas y ecologistas en 1987. Esto dio como resultado, la formación de la Sociedad Internacional de Economistas Ecológicos. Estos son: los alemanes, Sigfried Von Ciriacy-Wantrup y Karl William Kapp, el inglés Kenneth Ewart Boulding y por último, el rumano Nicolás Georgescu-Roegen considerado como el autor contemporáneo más importante de la Economía Ecológica<sup>xiv</sup>.

Sigfried Von Ciriacy-Wantrup (1906-1980), nació en Langenberg, Alemania; hizo el trabajo de pregrado en la Universidad de Berlín como economista. En su libro publicado en 1952, "Conservación de los Recursos: Economía y Política" expuso su tesis acerca de cómo la economía de la conservación intenta comprender la distribución del uso de los recursos, en el transcurso del tiempo en función de las relaciones entre el conocimiento tecnológico, la motivación individual y las instituciones sociales; enlazar las fuerzas económicas que afectan los cambios en esta distribución, y revisar los criterios que norman la elección de la distribución, que se considera "mejor", lo mismo desde el punto de vista individual que desde el social.

Su principal contribución a la Economía Ecológica fue el concepto del estándar mínimo de seguridad, en adelante –EMS-. Reconoce la existencia de un nivel crítico de algunos bienes naturales, por debajo del cual puede afectarse la sostenibilidad del sistema. Se debe actuar para mantener este nivel, siempre que esto no sea inaceptablemente costoso desde un punto de vista social.

Para Ciriacy-Wantrup los términos “política” y “conservación” pueden tener varios significados. Sin embargo, designa al primero, como “sólo acciones del público organizado, ya sea una nación, un Estado, un condado, una ciudad o un distrito público”<sup>xv</sup> Es importante anotar que política, en el texto, se refiere exclusivamente a la política pública. Respecto al término conservación, se encuentra ligado a un aspecto particular del uso: su distribución intertemporal, que implica tiempo del uso, de otra manera, conservación y agotamiento se definen en términos de cambios en la distribución intertemporal del uso; mientras conservación es la redistribución, mirando hacia el futuro, en el agotamiento la mirada está en el presente.

El término conservación viene siendo utilizado, desde 1907, cuando un movimiento popular en Estados Unidos, lo adoptó con el propósito de interesar a esta nación en el problema, cada vez más agudo de los recursos. Hasta ese momento, los términos utilizados para referirse a los recursos eran “preservación”, “protección” y “restauración”; desde su adopción, el término se ha asociado, no sólo con los recursos que pueden mantenerse sin disminución a pesar del uso, recursos renovables, sino también con aquellos que, necesariamente, se agotan mediante el uso. Es decir, recursos agotables o fungibles.

Karl William Kapp (1910-1976), nacido en Königsberg alemana y prusiana, actualmente Kaliningrado en Rusia, plantea en su libro, cuya primera publicación se llevó a cabo en 1952, que su propósito fundamental es “demostrar que los gastos empresariales no reflejan la parte importante de los costes sociales de la producción y, por tanto, no pueden ser aceptados, como medida de los costes totales.”<sup>xvi</sup>

Su tesis principal, resalta las múltiples fuentes de disipación social, inducidas por el funcionamiento de la economía capitalista y la acción empresarial, que abarca, desde los costes de la contaminación del aire y del agua, la explotación intensiva de los

recursos, hasta la investigación de los daños provocados por el hombre tales como: enfermedades profesionales, desgracias, explotación de la mano de obra femenina y de menores. Kapp hace referencia al concepto de estándares mínimos de seguridad de conservación planteado por Ciriacy-Wantrup.

El aporte, que convierte su tesis en una idea central para la Economía Ecológica, hace referencia a que la política económica debe ser guiada por un concepto esencial de racionalidad, que se basa en una directa valoración social de las necesidades fundamentales del hombre y de su relativa importancia, así como sobre la posibilidad de limitar, ampliamente, el número de objetivos o de dejar de perseguir los menos esenciales, entre los cuales, debe incluirse la producción de bienes de lujo, la realización de costosos programas especiales y de sistemas ofensivos y defensivos nucleares, cuya relativa importancia, nunca ha sido valorada ni comparada, con la necesidad social de salvaguardar el equilibrio dinámico del medio ambiente.

El planteamiento de Kapp se inicia con la definición de la expresión “costes sociales”, como aquella que abarca todas las pérdidas, directas o indirectas, soportadas por terceras personas o por el público en general, como resultado del desarrollo ilimitado de actividades económicas. Estas pérdidas sociales de diversos tipos, pueden tomar la forma de daños a la salud humana. Pueden hallar su expresión en la destrucción total o deterioración de los valores a la propiedad y en el agotamiento prematuro de los recursos naturales, e incluso pueden tomar la forma de daños a valores menos tangibles”.

De otra manera, “el término costes sociales abarca todas aquellas consecuencias negativas y daños que, como resultado de las actividades productivas, gravan a otras personas o a la comunidad y de las que los empresarios privados no se consideran responsables”<sup>xvii</sup>.

Kenneth Ewarth Boulding (1910-1993), economista inglés, nominado en varias oportunidades al Premio Nobel de la Paz, obtuvo treinta y tres títulos de Doctor Honoris Causa, centró su esfuerzo en examinar las consecuencias ecológicas, morales y sociales del crecimiento económico. Igualmente analizó, desde la perspectiva económica, los conflictos bélicos en un intento por demostrar que no

responden a eventos aleatorios e incomprensibles, sino que su entendimiento puede racionalizarse y usarse como instrumento de control sobre los mismos.

Luego de trasegar, por los caminos de la economía ortodoxa, escribió en 1966, época de cambios y transformaciones en la sociedad mundial, el ensayo titulado: "La economía de la nave espacial llamada Tierra", en el cual formula cómo el sistema Tierra se ha convertido en un solo vehículo espacial, sin reservas ilimitadas de nada, ya sea para la extracción o la contaminación, donde el hombre deberá encontrar su lugar en un sistema ecológico cíclico.

En su tesis, Boulding analiza la relación entre el proceso económico y el medio ambiente, utilizando algunos principios de la Física, en especial la Ley de la Entropía, para entender dichas relaciones. No obstante, la importancia de su tesis, para la Economía Ecológica, reside en la analogía que hizo del planeta Tierra con una nave espacial donde los recursos son finitos, regidos por las leyes de la naturaleza.

Desde la antigüedad, la idea de frontera ha estado incrustada en la mente del hombre. Aunque las primeras generaciones, concebían la tierra en un plano ilimitable, siempre que surgió la necesidad de abandonar su territorio a causa de las condiciones sociales o bien, por un deterioro ambiental, hubo un lugar más allá que habitar. Es la frontera por ello una noción tan arraigada en la mente del ser humano.

Con los descubrimientos científicos, en el siglo XV y XVI y la navegación, la idea de la tierra, como una esfera, es ampliamente aceptada por todos, se pasa del mapa de proyección de Mercator<sup>xviii</sup>, como el mapa del plano ilimitable al de la esfera azul, esta transición de una esfera del plano ilimitado al de la esfera de la actividad privada del hombre supone una serie de cambios en lo político, moral y psicológico que aún están por presentarse.

La economía abierta, o del plano ilimitado, es llamada "economía vaquero", por la similitud en el comportamiento: el vaquero se reconoce por ser un viajero de llanuras ilimitables, relacionado con explotación, temerario, romántico, y con comportamiento violento. En esta economía, el aumento de los factores de producción y el consumo son elementos esenciales para determinar su éxito, que es cuantificado en el

Producto Nacional Bruto (PNB); no obstante, en esta medición no se refleja la proporción inherente a los recursos renovables y a los reproducibles, así como la parte del consumo que representa efluentes o emanaciones, ni cuáles representan una entrada nuevamente al sistema productivo, aunque pone de manifiesto que éste no es el objetivo del ensayo, llama la atención sobre lo interesante de una posible desagregación del PNB.

En contravía, la economía cerrada, o de la esfera azul, es llamada la “economía del astronauta”, donde hay límites a las reservas de recursos, y en la cual el hombre debe encontrar su lugar en el ciclo del sistema ecológico; el consumo y la producción son vistos, como aquellos procesos de transformación que deben minimizarse al máximo, y para los cuales toda mejora tecnológica, que apunte a este propósito, siempre será plausible y vista como ganancia.

Si bien, la satisfacción humana puede ser analizada en dos direcciones, el bienestar humano y el bien-estar involucran ambos conceptos; para Boulding la cuestión es más de fondo, y plantea que no sólo queremos estar bien alimentados, para cumplir con el requerimiento de la homeostasis. También queremos encontrar variedad; así, no pretende el hombre mantener un estado constante. En cambio, quiere fluctuaciones en ese estado; de lo contrario, no existiría variedad de ofertas en la alimentación, en los viajes, en los contactos sociales; y es esta demanda de variedad una cuestión mucho más interesante, la cual conlleva, en sí misma, un alto costo que, en ocasiones, puede ser intolerable o ilegítimo. En consecuencia, es un problema que la Economía como profesión no debería abandonar, por ejemplo el caso de los esposos, donde el mantenimiento de la relación limita la posibilidad de variedad que tienen los solteros.

Nicolás Georgescu-Roegen (1906-1994) fue un matemático rumano, estadístico de las Universidades de Bucarest y Sorbona, respectivamente y economista de la Universidad de Harvard, como alumno de Schumpeter. En 1971 fue laureado con "Distinguished fellow of the American Economic Association". Se dice que su carrera profesional se divide en dos etapas: la primera, su etapa de ciencia normal, donde contribuyó, a través de sus trabajos, a cubrir algunas lagunas de la teoría económica convencional y una segunda etapa, conocida como la etapa de "ciencia

revolucionaria", que comienza con la introducción a *Analytical Economics*, fechada en 1964, y que continúa con el clásico "La Ley de la Entropía y el Proceso Económico".

La tesis que Georgescu-Roegen se propone argumentar en su libro y que, es su mayor aportación a la naciente teoría económica, la Economía Ecológica, muestra que la esencia básica del proceso económico es entrópica, y que la Ley de la Entropía rige en grado sumo, este proceso y su evolución. Según Georgescu-Roegen el proceso económico está gobernado por las leyes de la entropía, como un proceso irreversible que transforma materia y energía (con baja entropía) en residuos (de alta entropía). De otro lado, el carácter entrópico de los procesos económicos es la raíz de la escasez, pues la materia y la energía son escasas, en la medida en que los recursos accesibles son limitados.

La obra de Georgescu-Roegen no resulta fácil de leer. Carpintero plantea que la dificultad radica, en que los economistas carecen de conocimientos de termodinámica, así como, los biólogos, los físicos y los ecólogos temen pisar terrenos que incluyan asuntos humanos. No obstante, "La Ley de la Entropía y el Proceso Económico" es considerada como la obra que afirma una escuela de la Economía Ecológica, o que pone los cimientos para la construcción teórica de la naciente ciencia.

Los factores de producción que se toman en cuenta, en el proceso productivo, son aquellos agentes que transforman los flujos de entrada en flujos de salida y se conciben como agentes de rendimiento constante. Para Georgescu-Roegen, estos factores son elementos *fondo* que exigen una duración, y se encuentran limitados por una estructura física y que, además, prestan un servicio. En consecuencia, entre los elementos fondo encontramos la tierra (L), el capital (K) y el trabajo, que coinciden con los factores de producción de la teoría clásica. Es de anotar que para propósito del análisis, el capital permanece constante en términos físicos, gracias al mantenimiento que se les aplica a través de aceites, lubricantes, pintura, etc. algo que Marx fue el primero en proponer.

Los *flujos*, en cambio son considerados como aquellas entradas o salidas del proceso, transformadas por los elementos *fondo*. Georgescu-Roegen afirma que el *flujo* es un

stock, extendido a lo largo de un intervalo temporal, contrario al que puede acumularse en un stock. Este concepto representa necesariamente un aumento o una reducción en un stock de la misma sustancia. Como elementos flujo se destacan: (R) recursos naturales –energía solar, la lluvia, productos químicos naturales del aire y la tierra, el carbón, etc.- (I) los productos intermedios o flujos corrientes de entrada, que ya han sufrido un proceso productivo- , (P) productos o flujos de salida de productos, y por último (W) gasto o el flujo de salida de desechos.

$$[R_1(t), I_1(t), P_1(t), W_1(t), L_1(t), K_1(t), H_1(t)]^T_0 \quad (1)$$

El proceso analítico tiene dos componentes que lo delimitan. El límite espacial o la frontera que permite determinar qué flujos se encuentran inmersos en el proceso y el límite temporal, que hace referencia a la duración del proceso desde  $t_0$  donde comienza el proceso y  $t_1$  donde finaliza el proceso. Por lo cual, todo proceso indica un punto en el espacio-tiempo.

Evidentemente, el proceso económico es entrópico en el sentido físico de transformar materia o energía, de baja entropía, en alta entropía, y sólo puede obtener trabajo de una fuente que conlleve una diferencia de temperatura de potencial eléctrico o químico.

La diferenciación, entre el proceso físico natural y el proceso económico en términos entrópicos, reside en el hecho de que el primero es un proceso automático, mientras el segundo está conscientemente, dirigido por la actividad humana. En este sentido, debe guiarse hacia la búsqueda de la satisfacción de vivir.

## ESTADO DEL ARTE

Si bien, la preocupación por las cuestiones ambientales o ecológicas comienzan a cobrar fuerza, desde la década de 1970-1980, haciendo parte no sólo de la academia, sino también en el terreno administrativo, medios de comunicación, provocando una mayor sensibilidad en la población, hasta ahora no se ha conseguido encaminar la situación global, continúa en incremento, la extracción de recursos y la emisión de

residuos per cápita, lo que anticipa un panorama de deterioro ecológico, mucho mayor que el que se vislumbraba hace treinta años.

La Economía Ecológica está evolucionando a través de la interacción de diversos patrones de pensamiento, con numerosas raíces disciplinarias. Sus profesionales fundadores han combinado ideas de distintos campos del pensamiento, aunque es una ciencia incipiente. Cada día sus postulados cobran mayor vigencia. En la actualidad sus mayores representantes son los economistas: José Manuel Naredo Pérez con su propuesta reconciliable del enfoque ecointegrador y Herman Daly, discípulo de Georgescu-Roegen, con sus criterios operativos para el desarrollo sostenible.

El español José Manuel Naredo Pérez (1942), Doctor en Ciencias Económicas y estadístico, Premio Internacional de Geocrítica 2008, en su libro “La Economía en Evolución”, realiza un recorrido por la evolución que ha sufrido la ciencia económica, hasta constituirse en una ciencia mecanicista, reduccionista y alejada de los valores morales y del contexto físico y natural.

La nueva racionalidad económica que surge del estudio de la actividad del ser humano y de la naturaleza, viene a ser una “Economía de Sistemas”, que amplió su objeto de estudio y desplazó el centro de gravedad de sus preocupaciones, desde el sistema de los valores mercantiles hacia los condicionantes del universo físico e institucional que lo envuelven.

Su gran aporte, que es hoy tema de discusión para la Economía Ecológica, es la propuesta reconciliadora entre las raíces eco –Economía/Ecología-, el enfoque ecointegrador, que no centra su atención sólo en los residuos sino en el conjunto del metabolismo de los sistemas objeto de estudio y en su interacción con los otros sistemas, ya sean éstos más o menos “naturales” o monetarizados, subrayando que son, precisamente, los engranajes comerciales y financieros los que mueven los flujos físicos y redistribuyen la capacidad de compra sobre el mundo; en efecto, lo que busca el enfoque ecointegrador es un tratamiento a los individuos humanos y a sus sistemas económicos, como parte integrante de la Biosfera.

El objeto de estudio comprende los materiales y la energía, relacionados con el territorio de referencia y los procesos vitales que en él se desenvuelven. Es decir, el enfoque eointegrador debe abarcar no sólo los recursos existentes en su estado natural, antes de la intervención humana, sino también los residuos que genera dicha intervención. La diferencia, con el enfoque económico corriente, estriba en que éste sólo toma en cuenta, como objeto de estudio los objetos que tienen, en palabras de Naredo, un valor de cambio positivo -de mercado, administrado o imputado-.

En el enfoque eointegrador el objeto de estudio ha de definirse, directa y explícitamente, recurriendo a conceptos teóricos de otras ramas del conocimiento. Esto es, las elaboraciones teóricas gozan de un carácter transdisciplinario, y las nociones de energía y materia, atenderán la clasificación y definición de disciplinas como la Topografía, la Geodesia, la Física o la Química.

Herman E. Daly (1938), en una ocasión, habló del “dilatado tiempo que, al parecer, aún pueden seguir los economistas neoclásicos –ortodoxos en lo teórico y ultra liberales en lo político- ignorando las aportaciones de Georgescu-Roegen<sup>xix</sup>, pues bien, se estaba refiriendo a su maestro. Es cofundador de la Sociedad Internacional para la Economía Ecológica y Editor Asociado de *Ecological Economics*. Ganó el premio Nobel Alternativo, en 1996, por su labor de pionero en la nueva disciplina de la Economía Ecológica. El texto, que se tomó como referencia, es el discurso pronunciado en 1990 cuando pertenecía al Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial titulado “Principios Operativos para el Desarrollo Sostenible”.

La tesis principal, como aporte a la construcción del edificio teórico de la naciente Economía Ecológica, es la idea de entender el medio ambiente como un capital natural que necesita ser amortizado, siendo que su uso implica un costo por su desgaste, identificando los criterios básicos para el mantenimiento del capital natural y la sustentabilidad ecológica.

Aunque las expresiones “desarrollo sostenible” y “crecimiento sostenible” son comunes, es preciso hacer distinción entre ellas, para lo cual, Daly recurre a la definición del diccionario: “crecer” significa “to increase naturally in size by the addition of material through assimilation or accretion”<sup>xx</sup> y “desarrollar” significa “to expand or

realize the potentialities of bring gradually to a fuller, greater, or better state”<sup>xxi</sup>; por lo tanto, “crecimiento” se refiere a un incremento cuantitativo de la escala física, y “desarrollo” a la mejora cualitativa o al despliegue de las potencialidades. Una economía puede, o cumplir con una de las dos situaciones, o con las dos, o con ninguna.

Entendiendo que la economía es un subsistema de un ecosistema global finito que no crece, el término “crecimiento” debe ser cambiado por “desarrollo”, que es mucho más adecuado. En un sistema, que no crece, puede existir desarrollo cualitativo y, afirma Daly, esto ha sido observado por largos períodos de tiempo.

Son dos los principios, propuestos por Daly hacia la gestión de los recursos renovables, que deben considerarse como capital natural; su no-mantenimiento supone el consumo de capital, considerado como consumo de capital, los principios son:

1. Las tasas de recolección deben ser iguales a las tasas de regeneración (producción sostenible): capacidad de regeneración.
2. Las tasas de emisión de residuos deben ser iguales a las capacidades naturales de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten los residuos: capacidad de asimilación.

Para Daly, no se trata de conservar el capital (natural u obra del hombre) a cualquier nivel, sino en un nivel óptimo, que en ocasiones, no es el óptimo económico. Es decir, el que maximiza el beneficio. Por ejemplo, en el caso de los recursos renovables (bancos de pesca sujetos a captura, ganado, árboles, etc.), se tiene conocimiento de que existe un stock que permite obtener un rendimiento máximo por período de tiempo, aunque este máximo biológico coincide con el económico, sólo en los costes constantes de recolección y captura.

## CONCLUSIONES

La propuesta de la Economía Ecológica trata de superar y de sustituir el paradigma cartesiano en las ciencias económicas, por una visión holística y ecológica. Además,

se caracteriza por presentar una visión, más amplia, en términos de espacio, tiempo y de las partes de los sistemas por estudiar. Se diferencia de la Economía Estándar por la importancia que le otorga al medio ambiente.

Se ha llegado a un consenso de tres elementos integradores, que buscan el desarrollo de la Economía Ecológica como ciencia y gestión de la sustentabilidad. El primero, hace referencia a la visión de la Tierra, como un sistema termodinámicamente cerrado y que no crece en el aspecto material, con una visión de la economía insertada como un subsistema del ecosistema más grande y global. Esto implica que existen límites al rendimiento biofísico de los recursos, desde el ecosistema, a través del subsistema económico, y de regreso al ecosistema en forma de desperdicios.

El segundo, es el objetivo macro de Economía Ecológica, como la visión futura de un planeta sustentable, con calidad de vida, para todos sus ciudadanos, no sólo de la especie humana, sino de otras especies, en cumplimiento de las restricciones materiales que implica un sistema cerrado. El concepto de sustentabilidad, asociado a la Economía Ecológica, significa la cantidad de productos que se puede consumir, sin degradar los stocks de capital natural, los suelos, la atmósfera, la biomasa de plantas y animales, el agua, etc., estos elementos, combinados, conforman los ecosistemas.

Es importante anotar que el concepto de sustentabilidad, no hace referencia a una economía estática. Más bien, una economía en evolución que atiende al concepto de desarrollo, en contraposición al concepto de crecimiento económico.

Y por último, el reconocimiento de que en el análisis de sistemas complejos, como la Tierra, en todas las escalas de tiempo y de espacio, la incertidumbre fundamental es grande e irreductible, y ciertos procesos son irreversibles, por lo cual requieren una postura fundamentalmente precautoria.

## BIBLIOGRAFIA

BOULDING, Kenneth. La economía de la nave espacial llamada Tierra. Disponible en Internet:

CARPINTERO, Oscar. La bioeconomía de Georgescu-Roegen. España: Montesinos Ensayo, 2006. ISBN 84-96356-63-9

CIRIACY-WANTRUP, Sigfried Von. Conservación de Recursos: Economía y Política. México: Fondo de Cultura Económica, 1957

COSTANZA, R., CUMBERLAND. J., DALY, H., GOODLAND, R., y NORGAARD, R. Una Introducción a la Economía Ecológica, México: CECSA. 1999. ISBN 968-26-1157-1

GEDDES, Patrick "Un análisis de los principios de la economía". En: Los Principios de la Economía Ecológica. Martínez Alier, Joan. Madrid: Fundación Argentaria, 1995.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicolás. La Ley de la Entropía y el proceso económico, Barcelona: Icaria. 1971

GEORGESCU-ROEGEN, Nicolás. "¿Qué Puede Enseñar a los Economistas la Termodinámica y la Biología?". En: De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica. F. Aguilera y V. Alcántara, Barcelona: Icaria. 1994

GEORGESCU-ROEGEN, Nicolás. "Nicholas Georgescu-Roegen sobre sí mismo". En: Grandes Economistas de hoy. Madrid: Debate Pensamiento. 1994

GÓMEZ, J., VARGAS, E., POSADA, L. Economía Ecológica Bases Fundamentales. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2007. ISBN 978-958-701-855-4

KAPP, K, William. Los Costes sociales de la empresa privada. Barcelona: Ediciones Oikos-Tau. 1966

MARTINEZ ALIER, Joan. La Ecología y la Economía, 2 ed. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 1991. ISBN 84-375-0325-6

MARTINEZ ALIER, Joan. De la Economía Ecológica al Ecologismo de los pobres. Barcelona: Icaria Antrazyt. 1992 ISBN 84-7426-227-5

MARTINEZ ALIER, Joan. El Ecologismo de los pobres. Barcelona: Icaria Antrazyt. 2005 ISBN 84-7426-743-9

NAREDO, José Manuel. La Economía en Evolución. Madrid: Siglo XXI Editores, 1987. ISBN 84-323-0611-8

NAREDO, José Manuel. Raíces económicas del deterioro ecológico y social: Más allá de los dogmas. Madrid: Siglo XXI Editores. 2006. ISBN-10:84-323-1245-2

NAREDO, José Manuel. Hacia una ciencia de los recursos naturales. Madrid: Siglo XXI Editores. 1993 ISBN 84-323-0792-0

PODOLINSKY, Sergei A. "El trabajo del ser humano y su relación con la distribución de la energía". En: Los Principios de la Economía Ecológica. Martínez Alier, Joan. Madrid: Fundación Argentaria, 1995.

SODDY, Frederick. "Economía Cartesiana: La Influencia de la Ciencia Física en la Administración del Estado". En: Los Principios de la Economía Ecológica. Martínez Alier, Joan. Madrid: Fundación Argentaria, 1995.

---

i NAREDO, José Manuel. Raíces económicas del deterioro ecológico y social: Más allá de los dogmas. Madrid: Siglo XXI. p.22

ii Por transdisciplinariedad queremos decir que la Economía Ecológica va más allá de nuestras concepciones normales de las disciplinas científicas e intentamos integrar y sintetizar muchas perspectivas disciplinarias diferentes. COSTANZA, Robert. Ecological economics: the science and management of sustainability, Nueva York: Columbia University Press, 1991 p.3

iii COSTANZA, Robert. Ecological economics: the science and management of sustainability, Nueva York: Columbia University Press, 1991 p.3

iv Gandhi en 1948 respondiendo a un periodista de la BBC de Londres

v COSTANZA, R., CUMBERLAND, J., DALY, H., GOODLAND, R., y NORGAARD, R. Una Introducción a la Economía Ecológica, México: CECSA. 1999 p.89

vi Ibidem p.105

vii Ibidem p.106

viii Ibidem p.110

- 
- ix MARTINEZ, Joan. En: Los principios de la Economía Ecológica. Madrid: Fundación Argentaria-Visor Distribuciones, 1995 p.33
- x Ibidem p.26
- xi Ibidem p.154
- xii Ibidem p.151
- xiii Ibidem p.151
- xiv MARTINEZ ALIER, Joan. El Ecologismo de los pobres. Barcelona: Icaria Antrazyt. 2005 p.27
- xv KAPP, K. Los Costes sociales de la empresa privada. Barcelona: Ediciones Oikos-Tau. 1963 p.229
- xvi Ibidem p.28
- xvii Ibidem p.30
- xviii La proyección se basa en el modelo ideal que trata a la tierra como un globo hinchable que se introduce en un cilindro y que empieza a inflarse ocupando el volumen del cilindro e imprimiendo el mapa en su interior. Este cilindro cortado longitudinalmente y ya desplegado sería el mapa con proyección de Mercator.
- xix CARPINTERIO, Oscar. La Bioeconomía de Georgescu-Roegen, España: Montesinos Ensayo. 2006 P.24
- xx "Aumentar naturalmente de tamaño por adición de material a través de la asimilación o el acrecentamiento" Fot-1032 Biblioteca de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín p.1
- xxi "Expandir las potencialidades con que se cuenta, accede gradualmente a un estado más pleno, mayor o mejor" Fot-1032 Biblioteca de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín p.1