

SECCIÓN I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA SOSTENIBILIDAD

EL CONCEPTO DE SOSTENTABILIDAD DESDE LA TEORÍA ECONÓMICA: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

Data de aceite: 01/11/2023

Juan López-Vera

Universidad Metropolitana del Ecuador,
Sede Machala
Universidad Católica de Santiago de
Guayaquil
<https://orcid.org/0000-0002-8720-0499>

Gabriela Álvarez-Goyes

Universidad Cesar Vallejo
Lima, Perú
<https://orcid.org/0009-0002-1147-5653>

RESUMEN: El cambio climático, junto con otros desafíos ambientales, ha intensificado la necesidad de comprender y actuar en torno a la sostenibilidad. En este contexto, se examina la integración del concepto de sostenibilidad en el análisis económico. Basado en autores reconocidos, se identifica un consenso sobre los temas fundamentales de la sostenibilidad en la economía, incluyendo la relación entre seres humanos y naturaleza, una perspectiva a largo plazo, y la eficiencia económica. Aunque el crecimiento económico se percibe como un precursor del desarrollo sostenible, existen limitaciones en los recursos del planeta. Se destaca la diferencia entre el “stock de capital natural” y la naturaleza, señalando

que el primero se refiere a los recursos con potencial de convertirse en mercancías. En este estudio se contrasta enfoques neoclásicos, que se centran en cargas impositivas y mecanismos de incentivos, con enfoques no neoclásicos, que promueven acuerdos internacionales y mercados de carbono. Ambas perspectivas, sin embargo, enfrentan desafíos en su aplicación, relacionados con metas ambientales ambiguas, falta de sanciones efectivas y la necesidad de un mayor consenso político. Para lograr una sostenibilidad efectiva, es esencial definir compromisos claros a nivel empresarial y nacional.

PALABRAS-CLAVE: sostenibilidad, stock de capital natural, enfoques neoclásicos, mercado de carbono

THE CONCEPT OF SUSTAINABILITY FROM ECONOMIC THEORY: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Climate change, along with other environmental challenges, has intensified the need to understand and act on sustainability. In this context, the integration of the concept of sustainability into economic analysis is examined. Based on recognized authors, a consensus is identified on the

fundamental issues of sustainability in economics, including the relationship between humans and nature, a long-term perspective, and economic efficiency. Although economic growth is perceived as a precursor to sustainable development, there are limitations on the planet's resources. The difference between the "stock of natural capital" and nature is highlighted, noting that the former refers to resources with the potential to be converted into commodities. This study contrasts neoclassical approaches, which focus on tax burdens and incentive mechanisms, with non-neoclassical approaches, which promote international agreements and carbon markets. Both perspectives, however, face implementation challenges related to ambiguous environmental goals, lack of effective penalties and the need for greater political consensus. To achieve effective sustainability, it is essential to define clear commitments at the corporate and national levels.

KEYWORDS: sustainability, natural capital stock, neoclassical approaches, carbon market, carbon market

JEL: Q01-Q5

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la crisis global en el acceso a agua y otras manifestaciones medioambientales que se derivan del cambio climático hay una necesidad imperante de comprender lo que se refiere a sostenibilidad y cómo se puede lograr una respuesta que contenga los impactos del calentamiento global mediante acciones coordinadas de política pública. De acuerdo con Baumgärtner y Quaas (2009), la sostenibilidad se puede definir como una noción normativa sobre la forma en que los humanos actúan frente a los recursos naturales y la responsabilidad que tienen en lograr su preservación para beneficio de la presente y futuras generaciones.

Durante los últimos 15 años se ha logrado un consenso mínimo sobre cuáles son los temas que contiene el análisis de la sostenibilidad desde la economía:

- a. relación entre el ser humano y la naturaleza;
- b. orientación temporal hacia el largo plazo;
- c. bases normativas en la idea de justicia desde el punto de vista del consumo y uso transgeneracional de los recursos naturales; y
- d. preocupación por la eficiencia económica, específicamente en lo que respecta a no despilfarrar los recursos en la provisión, asignación de bienes y gestión de sustitutos y complementos de origen natural y humano.

Detrás de estas caracterizaciones se encuentra una de las preocupaciones de la teoría económica que es el alcance de un desarrollo económico sostenible, particularmente porque la literatura señala que para su logro es necesario primero el crecimiento económico, pero este no puede ser ilimitado y adicionalmente los recursos del planeta con que se

cuentan para expandir la producción y crecer son limitados (Schroeder et al., 2019; Gouda et al., 2018). Entonces se vuelve fundamental tener claro un marco genérico de políticas públicas y acciones locales y globales para lograr un encuentro entre las necesidades de expansión productiva y los recursos disponibles.

Durante el desarrollo de este capítulo se hablará frecuentemente del término *stock* de capital natural como un elemento que forma parte de la reserva total de capitales que dispone la economía para los procesos productivos (a más del humano y físico) y que genéricamente se llama *stock* de capital en la literatura económica (López, 2015). Una precisión fundamental para señalar es que *stock* de capital natural no es lo mismo que naturaleza, el término se refiere exclusivamente a aquellos recursos naturales que en algún momento puedan convertirse en mercancía o servicio y que adicionalmente tengan interés comercial de explotación.

En este capítulo se pretende hacer un recorrido sobre cómo el concepto de sostenibilidad ha sido incluido en el análisis económico, a continuación, se revisan los enfoques de la sostenibilidad en la teoría económica desde los paradigmas neoclásico y no neoclásico, particularmente en el uso de cargas impositivas pigouvianas (neoclásico) y el funcionamiento de los mercados de carbono y acuerdos internacionales para la contención de las emisiones (no neoclásico); finalmente, se hace un aporte sobre las cuestiones pendientes en este debate y que deberían ser cubiertas en futuras investigaciones.

Aproximación económica al concepto de sostenibilidad

La economía ecológica es un referente fundamental para iniciar este recorrido sobre las implicancias de la economía en la sostenibilidad. De acuerdo con Klaasen y Opschoor (1991), los sistemas económicos deben de propender hacia la fabricación de bienes o provisión de servicios que satisfagan una necesidad creciente en la sociedad. Sin embargo, la primera limitación es ¿cómo conseguir que la mezcla de factores de producción permita obtener un bien terminado sin el derroche de recursos?

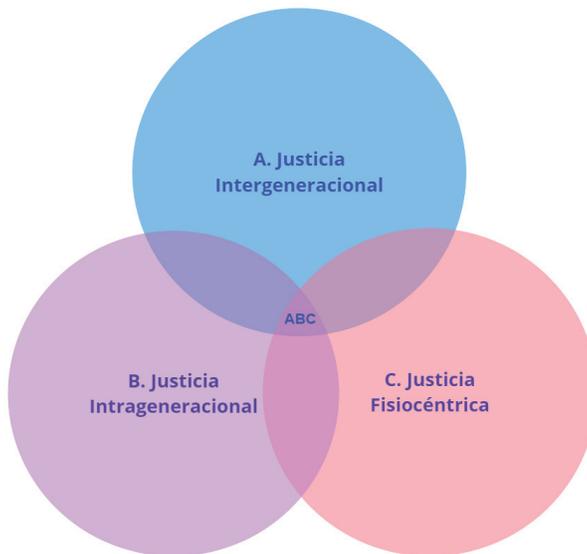
La respuesta a esta pregunta nos lleva a reconocer el rol de planeación dentro de las organizaciones, quienes toman decisiones lo hacen como seres optimizadores y racionalistas, que intentan proveer de un bien a un costo razonable y que les permita generar algún tipo de utilidad (Vera, 2013). Sin embargo, las elecciones no siempre incluyen el máximo de información necesaria para reconocer los efectos intertemporales de las preferencias en tiempo presente, lo cual lleva a introducir el término sostenibilidad en el análisis económico.

La sostenibilidad como concepto tiene una base ética ligada a la justicia que debe imperar en las relaciones entre la naturaleza, el ser humano y la visión temporal de largo plazo que se asume es incierta. Becker (2009), sugirió un enfoque sistémico de la justicia para la sostenibilidad basado en tres tipos de relaciones específicas:

- a. justicia entre humanos de diferentes generaciones (la cual se llama intergeneracional);
- b. justicia entre diferentes humanos de la misma generación (a esta se lo denomina intrageneracional); y
- c. justicia entre el ser humano y la naturaleza (denominada también fisiocéntrica).

En la Figura 1, se puede ver cómo interactúan entre sí estas relaciones, el área sombreada de naranja representa al constructo sostenibilidad y se representa por la convergencia de (a), (b) y (c). Se pueden derivar posibles resultados de valor de uso de los recursos y la cobertura de las necesidades humanas. Las relaciones (a) y (b) sugieren una idea antropocéntrica de justicia, sugiriendo que la sostenibilidad es fundamental porque el entorno natural es necesario para satisfacer necesidades humanas.

Figura 1
Enfoque sistémico de la justicia para la sostenibilidad



Nota: Basado en Becker (2009)

Sin embargo, las relaciones (a)-(c) y (b)-(c) confieren que el halo antropocéntrico sólo es viable si a más del consumo de los recursos naturales por parte del ser humano este se plantea la sostenibilidad como necesidad para la conversación y el acceso sostenido; de manera que las necesidades satisfechas hoy no se conviertan en necesidades insatisfechas al día de mañana. Esto implica que además de la sostenibilidad existen también otros objetivos sociales legítimos que siguen una ruta prioritaria para evitar la sobre explotación de recursos naturales, algunos de esos objetivos son: el trabajo, la educación, etc.

Como se podrá advertir, esta visión encierra dos conceptos que son claves y recurrentes en el análisis económico; en primer lugar, está el concepto de necesidad que se refiere al imperativo de bienes para satisfacer demandas vitales y la búsqueda de jerarquización y priorización sobre qué bienes deben ser los primeros en proveerse. El segundo concepto que emerge es el de la escasez, que viene impuesta por el estado de los recursos disponibles para producir bienes, la forma como se encuentran organizados y apropiados los medios de producción y la capacidad de uso y explotación racional de los recursos para satisfacer las necesidades presentes y futuras. En la Figura 2 se muestra cuáles son las preguntas que emergen desde los conceptos claves, se complementan con la teoría económica y que dan el corpus de discurso a la discusión de la sostenibilidad desde la economía.

Figura 2

Aportes de la economía para la explicación de la sostenibilidad



Nota. Basado en Becker (2009)

Esta satisfacción de necesidades humanas básicas apunta específicamente al perfil de deseos y preferencias subjetivas que tienen los individuos. Desde la teoría económica la explicación del cómo satisfacer las necesidades proviene del utilitarismo clásico que sostiene que la suma de las utilidades de todos los individuos debe ser maximizada, pasando por la economía del bienestar, la eficiencia de Pareto, y terminando en las corrientes modernas del liberalismo hacia el contexto moderno actual. El liberalismo, como propuesta contemporánea, propone que los individuos pueden perseguir su propia felicidad siempre que esta no infrinja la libertad de los demás.

Sin embargo, el tratamiento de la sostenibilidad dentro de la teoría económica es algo que no se ha integrado por completo. Lo que si se encuentra en la literatura son aproximaciones a la idea de sostenibilidad desde el nivel de bienestar, representado como una función de utilidad social que se intenta maximizar. Aportes clásicos a esta discusión como los de Dasgupta y Heal (1974), Solow (1974) y Stiglitz (1974) muestran que el máximo nivel de utilidad puede ser constante o decreciente a lo largo del tiempo dependiendo de las suposiciones alrededor del *stock* total de capital, el progreso técnico y la tasa a la que se descuenta la utilidad futura. Más concretamente, el *stock* total de capital debe mantenerse constante a lo largo del tiempo aplicando una estrategia de inversión compensativa entre el agotamiento del capital natural y el capital manufacturado o de otra fuente; de esta manera se logra que el nivel de consumo se dosifique en el tiempo y no haya un desgaste acelerado de los stocks naturales y que impida que la generación actual y futura vea reducido su nivel de consumo más adelante. La gestión compensatoria sobre la inversión y sus resultados es lo que se conoce en la teoría como la regla de Hartwick (1977) que se formula como:

Si todas las rentas de los recursos agotables se invierten en capital reproducible, se logra un consumo que no disminuye a lo largo del tiempo. Pero se requiere que las diferentes formas de capital tengan efectos de sustitución cercanos o perfectos (p. 973).

De este planteamiento se desprende que al momento de intervenir el entorno con política económica que se oriente a buscar el crecimiento o desarrollo sostenible es necesario hacer énfasis en la forma como se reemplaza el *stock* de capital natural con capital productivo. De ahí que el ejercicio de maximización del bienestar pasa por la forma como se combinan los diferentes factores de producción con la dotación inicial de recursos naturales y cómo estos se reconvierten para acrecentar los niveles de progreso técnico de una economía.

Esto supone entonces que, para lograr un mantenimiento en el *stock* total de capital de largo plazo, cada generación debe tomar decisiones sobre: la cantidad de capital que debe consumirse ahora y la cantidad de capital que debe acumularse o preservarse. Markulev y Long (2013) señalaron que esta decisión es una forma de comercio con la posteridad, donde la generación actual consume un cierto *stock* de capital natural de donde se obtienen flujos necesarios para ahorrar e invertir en capital producido y humano que se convierte en herencia de la siguiente generación; ello da como resultado un *stock* de capital total más elevado que el que dispuso la generación anterior siendo esto último el compromiso permanente entre los grupos generacionales.

No obstante, en la práctica existen serias limitaciones para lograr ese *stock* total de capital constante. Un primer factor que obstaculiza esta meta es la forma como se puede lograr el nivel de producción de bienes y servicios que necesita la sociedad actual, ya que puede que no haya desarrollos tecnológicos disponibles que permitan lograr la compensación exacta entre el *stock* de capital natural y el capital manufacturado.

Un segundo factor limitante es la definición de los gustos y preferencias generacionales tanto presentes como futuras, las modas o el mismo agotamiento acelerado del *stock* natural sin una compensación apropiada puede influir sobre los hábitos de consumo. En consecuencia, la aplicación económica del concepto de sostenibilidad exige una mejor comprensión sobre las preferencias intertemporales en lo que respecta a las formas de desgaste, compensación y acumulación de capital, así como a la disponibilidad y acceso a recursos tecnológicos.

Otra crítica a la posición de mantener constante el *stock* total de capital proviene de la economía ecologista. Autores como Neumayer (2010) y Daly (1990) sostuvieron que es contradictorio y éticamente no defendible la posibilidad de sustitución entre otras formas de capital, en particular con el capital natural. Las premisas detrás de esas posturas radican en que la forma como se aprovechan los recursos naturales a veces puede ser compatible con la deseabilidad de sustituirlos por otros tipos de capital y en otras situaciones puede ser no deseable, y es más deseable la no explotación porque son mayores los costos que los beneficios del incremento de las otras formas de capital.

El primer caso puede ser la situación de una economía en la que se agotan recursos naturales como el carbón o el petróleo y a cambio se desarrolla la infraestructura vial, educativa o sanitaria; de esta manera las preferencias sociales sugieren una mayor inclusión de conocimiento y avance tecnológico en los sistemas productivos actuales a fin de obtener más bienes y servicios con menos insumos físicos. En el segundo caso puede ser la situación de la explotación minera cercana a fuentes de agua dulce o espacios biodiversos, donde no sería socialmente aceptable afectar a futuro dichos espacios por obtener los recursos presentes; a menos que existan mecanismos de producción y legales suficientemente fuertes para reducir el impacto ambiental.

Sin embargo, este debate entre la deseabilidad y no deseabilidad encuentra posibles formas de contención sobre todo por el mecanismo de precios que rigen en la mayoría de los sistemas económicos mundiales. Un escenario de fuerte incremento de los precios de un recurso natural influenciaría en consumidores y productores a buscar formas sustitutas de obtención de factores productivos o administrar de manera más eficiente las reservas actuales para evitar el excesivo agotamiento del consumo del *stock* natural.

Lo que si genera consenso en esta amplia discusión es que el capital natural es fundamental para producir otras formas de capital (manufacturado, social y humano) y que su *stock* no puede mantenerse al mismo nivel de forma indefinida, no sólo por la explotación sino también por la forma como evolucionan los sistemas naturales. De ahí que es esperable también que el progreso técnico podría a mediano y largo plazo influenciar sobre los mismos modos de producción y se pueda reducir la dependencia en algunos recursos naturales no renovables o renovables.

Como se podrá apreciar, la preocupación por la sostenibilidad en la economía ha dado lugar al desarrollo de múltiples cuestiones que fundamentalmente se centran en cómo

lograr el uso eficiente de los recursos y que aporten a un crecimiento económico sano. Esto permite definir entonces a la economía de la sostenibilidad como la rama del análisis económico que se centra en estudiar los problemas conjuntos de eficiencia y justicia en el uso de los recursos productivos, particularmente los naturales y que apuntan a lograr un mejor entendimiento sobre los factores que afectan el alcance de un sistema económico sostenible y que pueden utilizarse para diseñar un modelo de gestión que transite la relación hombre-naturaleza a un aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Drupp y otros (2020), señalan cuatro características de la economía de la sostenibilidad:

- a. enfoque temático en la relación entre seres humanos y naturaleza.
- b. orientación hacia el futuro incierto y de largo plazo.
- c. fundamento normativo en la idea de justicia entre humanos (generación presente y futura) y con la naturaleza.
- d. preocupación por la eficiencia económica, entendida como no despilfarro en la asignación de bienes y servicios naturales; así como sus sustitutos y complementos provistos por el ser humano (p. 13).

En consecuencia, la economía de la sostenibilidad se sustenta prominentemente en las aristas de la economía ambiental y la economía ecológica. Teniendo como elementos centrales del análisis los flujos y *stocks* de capital natural, su grado de complementariedad con otras formas de capital y el horizonte temporal para la toma de decisiones.

De ahí que el principal reto de la economía de la sostenibilidad es lograr que tanto el consumo como la producción sean viables (Curtis y Lehner, 2019), para de esta manera reducir los efectos de la contaminación medioambiental que se deriva del desarrollo económico de los países, el crecimiento poblacional y la profundización del modelo globalizador como estrategia de mundialización de la economía. Lo cual lleva a la siguiente pregunta que aborda este capítulo: ¿cómo lograr que el desarrollo económico de las naciones sea sostenible?

ECONOMÍA DE LA SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO SOSTENIBLE

A menudo el concepto de desarrollo sostenible se asocia con el término sostenibilidad a tal punto que se suelen utilizar como sinónimos. No obstante, autores como Olawumi y Chan (2018) y Spaiser y otros (2017), sostienen que el concepto desarrollo sostenible es un término contradictorio por las siguientes razones:

- a. la imposibilidad de mantener un crecimiento infinito con un planeta limitado en cuanto a sus recursos;
- b. los objetivos del desarrollo y la sostenibilidad, como conceptos separados, son

opuestos; y

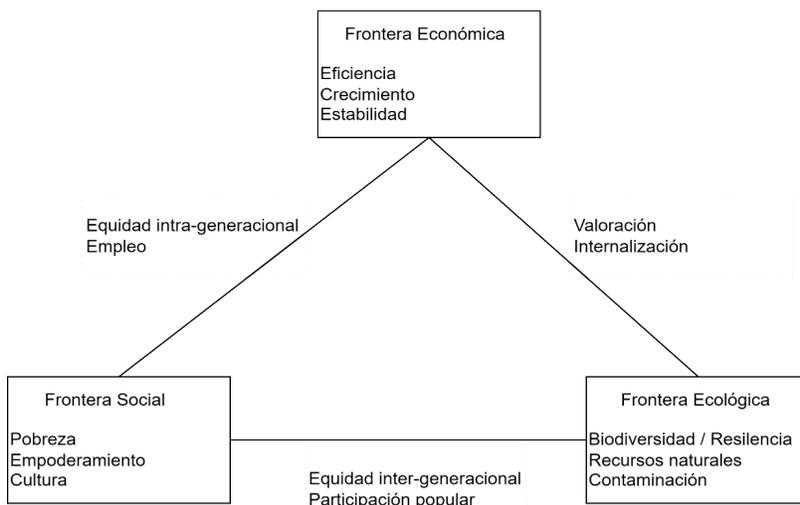
- c. las políticas que se pueden formular para el alcance del desarrollo sostenible podrían no ser eficaces y apropiadamente medibles, sobre todo si se involucran nuevos enfoques ambientales como el decrecimiento y el buen vivir (Kothari, Demaria y Acosta, 2014).

De ahí que Bossel (1999), planteó tres categorías principales que restringen el análisis del desarrollo sostenible:

1. limitaciones físicas incluyendo las características de los ecosistemas, leyes naturales, medio ambiente abiótico, el flujo y el stock de los recursos naturales;
2. la naturaleza humana donde se incluyen las personas, organizaciones sociales, cultura, tecnología, ética y valores; y
3. límites temporales-espaciales con respecto a los procesos naturales y antrópicos.

Esto implica que las fronteras del estudio del desarrollo sostenible se encuentran definidas como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, este debate se encuentra presente en la literatura desde los años 60 cuando diversos trabajos seminales pusieron luz de alerta sobre el modelo de desarrollo en la economía occidental: la presencia de externalidades negativas de las políticas agrícolas (Carson, 1962), los estilos de vida y el crecimiento urbano en las ciudades (Meadows y otros, 1972), y más recientemente sobre la contaminación industrial y sus efectos sobre comunidades cercanas (Harada, 1995).

Figura 3
Representación gráfica del desarrollo sostenible



Nota.: Traducido de (Ruggerio, 2021. p, 3)

Estos primeros trabajos dan el soporte necesario para dejar de tratar como sinónimos los términos crecimiento y desarrollo económico y abordarlos como dos factores complementarios, debido a que se encuentra comprobada en la literatura que el crecimiento económico es necesario para una mayor sostenibilidad, sobre todo si es que dicho crecimiento permite lograr los recursos que son necesarios para remediar el daño ambiental (Alvarado-Herrera y otros, 2017; Sauvé, Bernard y Sloan, 2016).

Es así como surge el concepto de ecodesarrollo, con un antecedente al desarrollo sostenible, que pretendía establecer un nexo entre el desarrollo social y el respeto al ecosistema; para de esta manera preservar y mantener la habitabilidad del planeta, es decir, los modos de desarrollo no podían comprometer a tiempo presente las capacidades de las generaciones futuras ni las actuales (Curtis y Lehner, 2019). Sin embargo, este primer esfuerzo en comprender la sostenibilidad no estuvo exento de crítica debido a que centraba su visión más en la parte ecológica (Berrone y otros, 2019) y menos en la manera como los diferentes actores sociales podrían intervenir con sus acciones y decisiones en la preservación y uso responsable de los recursos naturales.

Es así como en el año 2015, las Naciones Unidas lanzan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como una respuesta para dotar de un marco global que permita identificar cuál es la función de los diferentes actores sociales en la búsqueda de equilibrio entre la preservación y la satisfacción de necesidades humanas. Desde ese año se han venido haciendo importantes actualizaciones en cuanto a los indicadores que se perciben alcanzar, así como cambios en la jerarquización de asuntos que deben ser resueltos en primera instancia por los gobiernos, sociedad civil, organizaciones sin fines de lucro y sector privado (Mio, Panfilo y Blundo, 2020).

Los ODS vinieron a establecer un puente entre los sistemas ecológicos antropizados como los no antropizados debido a que ambos se someten a perturbaciones como resultado del cambio climático, así como procesos geológicos o fuera de la tierra; debido a que permiten tener una línea base de acción común y actuar frente a la incertidumbre que implica el cambio de estado natural en un ecosistema.

Este marco común de tratamiento del desarrollo sostenible intenta concebir al ecosistema y la sociedad como sistemas dinámicos autoorganizados, lo cual quiere decir que pueden encontrarse durante largos períodos como estables, pero que de un momento a otro experimentan transiciones y cambio de identidad que requieren del diseño de un plan anticipado de tratamiento a las alteraciones que pueden ocurrir en la relación sociedad-naturaleza.

De ahí que ese tipo de planes debe de estructurarse desde tres atributos: resiliencia, adaptabilidad y transformabilidad; la resiliencia se refiere a la característica que tiene un sistema para absorber las perturbaciones que lo afectan y reorganizarse de manera que ante los cambios esperados es capaz de dominar la fuerza que lo atrae. De ahí que es importante considerar que, si todos los sistemas vivos cambian, lo fundamental es evitar

o atenuar la destrucción de las formas de renovación que el sistema por sí solo presenta, dado que es un sistema abierto; de manera que la sostenibilidad no tiene que ver con la eliminación de las fuentes de cambios sino su acompañamiento y tratamiento en términos de eficiencia y racionalidad.

Entonces la mejor manera de comprender el desarrollo sostenible es incorporando conceptos de la teoría de sistemas, esto se deriva que la sostenibilidad como concepto solitario se ejerce sobre sistemas vivos y abiertos; lo cual implica un intercambio de elementos tales como materia, energía e información con el entorno con el que comparten la existencia. En esta representación sistemática los intercambios representan los insumos o entradas de recursos y los productos o servicios que se generan del aprovechamiento de las entradas corresponden a las salidas del sistema. Entonces el proceso de desarrollo ocurre en la forma como en el flujo de salida se pueden reproducir elementos que permitan aprovechar cada vez mejor los recursos, reduciendo los desperdicios y las ineficiencias que son propias del proceso de intercambio y aprendizaje en un sistema.

De esta forma, el estado del sistema en un tiempo t se encuentra condicionado por el *stock* de variables internas, sus interacciones y el resultado de las variables de salida en un período $t-1$. Gallopín (2003) especificó que el desempeño del sistema de sostenibilidad se puede hacer a partir de lo indicado en la siguiente ecuación $V(O_{t+1}) \geq V(O_t)$, donde V se representa una función de la salida del volumen de productos y servicios O ; de acuerdo con la ecuación anterior, la sostenibilidad ocurre si V se mantiene o tiende a mantenerse constante en el tiempo. Esto quiere decir que no es el sistema de producción el que debe mantenerse sino el flujo final resultante, ello es importante porque implica que el desarrollo sostenible entonces va incorporando las mejoras que se dan en el tiempo t y en $t+1$ para lograr las condicionalidades sobre el *stock* final de productos y servicios.

Otros factores que se pueden considerar en este análisis sistémico son su capacidad de carga y su dinámica demográfica interna. Ben-Eli (2018) sugirió que la interacción entre estos dos factores es fundamental para el análisis de la sostenibilidad del desarrollo de una población, en términos de que la actividad agregada debe materializarse hasta un nivel donde no se produzcan efectos adversos irreversibles sobre el ecosistema. Los rasgos que determinan ese nivel o umbral máximo de actividad sostenible vienen acotados por tres dominios:

- a. **materiasl**, que se refiere a la forma como se regula el flujo entre materiales y energía que están presentes en los procesos vitales;
- b. **económico**, que alude al marco que define, crea y gestiona la riqueza; y
- c. **vital**, que implica la base de relacionamiento apropiado entre la biósfera y las otras especies.

Si un modelo económico de producción se limita a la observación de estos dominios entonces se puede señalar que tiene un desarrollo sostenible (Niu y otros, 2022; Zhao

y You, 2022). La pregunta que inmediatamente surge aquí es: ¿cómo la sostenibilidad puede difuminarse a lo largo de los procesos productivos en un sistema económico?, para responder a esta pregunta se introducen en el análisis las unidades básicas sostenibles (UBS) (Ruggerio, 2021).

Una UBS se refiere a un componente dentro del proceso de producción que desarrolla las siguientes actividades:

- a. define la sostenibilidad como una agenda estratégica sobre la cual se deben de planificar y asignar recursos;
- b. acumula experiencia en cada nueva innovación sostenible lo que le permite diagramar y anticipar posibles rupturas en el uso eficiente y racional de los recursos naturales; y
- c. transfiere la sustentabilidad a otras UBS.

La ejecución de estas tareas es posible porque las UBS tienen dos niveles de jerarquía para el desarrollo de la sostenibilidad: interno y externo; el primero se refiere a la manera como interrelaciona la UBS con sus propios elementos de operación y el segundo alude al esquema secuencial de retroalimentación que se forma con otras UBS dentro de su sistema productivo.

Este esquema de conducta es asimilado desde las observaciones de la ecología, donde las células de los organismos vivos tienden a interrelacionarse entre sí para lograr un cierto nivel de respuesta para las actuaciones que debe enfrentar como un segmento del organismo vivo y luego ejecutar el mismo proceso con células por fuera del segmento de actuación y que constituyen espacios para la preservación y la capacidad endógena de sustentarse a sí mismo.

Hasta este punto quedan claras las características de la sostenibilidad que permean hacia el objetivo económico del desarrollo sostenible; sin embargo, quedan algunas dudas pendientes como qué debe ser sostenible, cuánto es el tiempo de duración de la sostenibilidad y cómo se logra que se mantenga en el tiempo el nivel de sostenibilidad deseada; en este nivel se reintroducen los enfoques de sostenibilidad fuerte y débil. Como se recordará el enfoque fuerte sostiene que el entorno natural es en sí mismo el sujeto de la sostenibilidad y por tanto es prioritaria su conservación en su estado más inalterado posible, incluso llegando en casos extremos al descuido de la sociedad humana.

El enfoque débil en cambio sugiere que la naturaleza cumple con un rol de provisión de recursos naturales, servicios ecosistémicos y punto de reserva de los residuos que se generan de la actividad humana; si bien este enfoque no va al extremo de descuidar las necesidades humanas también tiene riesgos, pues llevar su explicación al extremo puede llevar a que las reservas de provisión se agoten y el planeta se convierta en un sistema artificial. Pearce y Atkinson (1992) propusieron una expresión matemática para explicar los límites de la sostenibilidad débil en términos del capital, la cual se plantea como:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{d(K_A + K_H + K_N)}{dt} \geq 0 \quad (1)$$

Donde K es el capital total, K_A es el capital artificial, que señala a los productos derivados o fabricados por las diferentes actividades económicas para satisfacer las necesidades de las personas, K_H es el capital humano, que trata sobre los conocimientos, habilidades y aspectos culturales que influyen sobre la conducta del individuo, y K_N es el capital natural, que se refiere a los recursos naturales y los productos básicos naturales que surgen (árboles nuevos, suministros de agua, minerales) así como los servicios (remediación de la contaminación y erosión, huella de carbono).

El modelo matemático anterior supone que el capital total K es el *output* del sistema económico que se espera sea sostenible, para ello es fundamental la combinación de los diferentes tipos de capital que conforman el *stock* total de la economía para alterar y reponer los descensos del *stock* natural mediante los incrementos de las otras formas de capital. Sin embargo, es importante señalar que la noción de capital natural lleva a una interpretación errónea sobre los recursos naturales *per se*, debido a que el concepto sugiere que se reconoce como capital todo aquello que pueda valorizarse como mercancía o servicio en un tiempo dado, si esta conversión no es posible entonces no se lo puede considerar como tal; en otras palabras, capital natural no es lo mismo que naturaleza.

Otro aspecto que no se considera en el modelo se refiere a la capacidad de absorción del sistema natural de los desechos humanos, el modelo no incorpora cual es la tasa que debe absorber progresivamente para evitar el agotamiento o la posibilidad de no poder restaurar el ecosistema si es que se lo afecta más allá de un punto crítico. La actividad agrícola, por ejemplo, es una actividad económica que podría tener esos resultados, específicamente cuando se usan sustancias sintéticas (como los agroquímicos) y procesos intensivos de industrialización que pueden agotar la capacidad de regeneración natural. Estas externalidades tienen efectos permanentes en el sistema económico y socaban, al menos empíricamente, las posibilidades de auto regeneración del ecosistema y de autocontrol de quien extrae o explota los recursos naturales.

La necesidad de balancear entre ambos extremos, que emerge de los resultados y omisiones de cada enfoque, es lo que lleva a la última pregunta que responde este capítulo: ¿qué propuestas desde la planificación y la regulación pueden adoptarse para alcanzar el objetivo de desarrollo sostenible?

Enfoques neoclásicos

El crecimiento de la actividad productiva como objetivo de un plan de desarrollo económico es fundamental para la satisfacción de las necesidades sociales, si bien este crecimiento no puede ser siempre sostenido debido a que no puede alcanzar la cantidad ideal de recursos para el diseño de bienes y servicios ni absorber permanentemente los desechos que genera la producción, es fundamental el abordaje de cómo superar estas limitaciones inherentes al modelo de desarrollo económico vigente (Kalmykova, Sadagopan y Rosado, 2018; Korhonen, Honkasalo y Sepälä, 2018). En ese contexto surge la economía circular como una alternativa que puede aportar en la generación de bienestar económico y también ecológico.

El fundamento de la economía circular se resume en las siguientes expresiones: reducir, reutilizar y reciclar en la producción, circulación y consumo (Kirchher y otros, 2018; Prieto, Vaca y Ormazábal, 2018). Conceptualmente la economía circular activa las acciones anteriores mediante tres estrategias como:

- a. minimizar el ingreso de entradas de materia prima y la salida de desechos;
- b. mantener el valor de los recursos durante el mayor tiempo posible en el sistema productivo; y
- c. capacidad de reintegrar productos que se encuentran al final de su vida útil en los procesos productivos.

Por otra parte, la economía colaborativa se sostiene en 7 principios (Suárez-Eiroa y otros, 2019):

1. Incentivar el uso de insumos renovables por encima de los no renovables, tendiente a privilegiar aquellos que tengan una tasa de renovación/regeneración más rápida,
2. Incentivar el diseño de sistemas de producción que reduzcan los desperdicios no biodegradables o de costos reconversión,
3. Promover la responsabilidad extendida del productor en estrategias de reciclaje y remanufactura de productos y componentes,
4. Reducir la obsolescencia tecnológica y operativa de los productos, para aumentar el tiempo de consumo y propiedad,
5. Promover la responsabilidad funcional del consumidor, mediante la comunicación del grado de compromiso ambiental del producto o servicio que piensa adquirir,
6. Transversalizar el compromiso de desarrollar metodologías, procesos y proyectos que promuevan el consumo y producción responsable, y
7. Educar en hábitos y acciones individuales que promuevan el desarrollo

de capacidades para la profundización de la economía circular, así como la investigación en tópicos que garanticen la solución de problemas que surgen de los esfuerzos por alcanzar la sustentabilidad del crecimiento económico y la sostenibilidad del desarrollo.

Ahora bien, la implementación de un modelo de economía circular en un sistema productivo se debe llevar a cabo de tres niveles: micro, meso y macro. En lo que respecta al nivel micro se relaciona con el rol que tienen las empresas para implementar esquemas circulares internamente sobre sus procesos de producción, habitualmente se manifiestan por políticas de producción más limpia o ecología industrial.

A nivel meso en cambio se refiere a la interacción dentro de una red de empresas o dentro de segmentos de industrias donde opera la empresa, lo cual lleva a que se repliquen de forma casi simbiótica esas buenas prácticas de aprovechamiento de los recursos primos y los desperdicios. Finalmente, en lo que respecta el nivel macro se relaciona con las formas como la sociedad en conjunto define los principios y reglas que deben considerarse para el mantenimiento de la economía urbana, modelos de consumo colaborativo, gestión de residuos y programas públicos a gran escala para el reciclaje.

Si bien el modelo de economía circular parece ser de fácil adopción para un sistema productivo, hay que tener presente que existen algunas restricciones en la práctica que limitan su implementación (Suárez-Eiroa y otros, 2019; Heck y otros, 2018). En primer lugar, hay aspectos termodinámicos que afectan el costo de conversión de materiales lineales en circulares, de ahí que en la práctica se admiten a conversión cuando son socialmente deseables, eficientes y económicamente rentables. En segundo lugar, se debe distinguir la versatilidad de los insumos utilizados para el reproceso, la literatura señala que hay recursos renovables y no renovables que se emplean en los ciclos operativos de producción; para ello existen dos parámetros que permiten discriminar la viabilidad y la eficiencia de la conversión:

- a. si la tasa de extracción de los recursos renovables es inferior a la tasa de renovación/regeneración de esos recursos; y
- b. si la tasa de explotación de los recursos no renovables es inferior a la tasa de creación de sustitutos renovables, si se cumplen ambas premisas entonces se tiene un modelo de economía circular que es sostenible y que da base a un crecimiento económico sano.

En tercer lugar, se encuentra la preferencia social entre bienes y servicios a partir de recursos renovables versus los que provienen de recursos no renovables; siguiendo los parámetros de discriminación anteriores, es deseable que la sociedad tenga una mayor preferencia por bienes y servicios que tengan procedencia de los recursos renovables.

Finalmente, en cuarto lugar, se tiene el dilema de los desechos que provienen de los procesos productivos: biológicos y técnicos; los primeros pueden convertirse en capital

natural si es que luego de su proceso de descomposición y degradación se pueden emplear para nueva provisión de bienes y servicios, los segundos en cambio por definición no son biodegradables y por tanto necesitan de algún tipo de transformación humana para poder incorporarlos al sistema económico. La solución de este último dilema también tiene dos reglas de discriminación para evaluar la deseabilidad de los desechos:

- a. la tasa de emisión de desechos biológicos debe ser menor que la tasa de capacidad natural de absorción de desechos del ecosistema; y
- b. la tasa de creación de desechos técnicos no transformables debe ser menor a la tasa de transformación humana de desechos técnicos que puedan ser devueltos al sistema productivo.

Teniendo en cuenta las limitaciones y las reglas de discriminación para determinar la deseabilidad de reconversión y gestión de desechos bajo un modelo de economía circular se puede señalar que el objetivo tras su implementación es la reducción de los esquemas de producción lineales que sobreexplotan el consumo de recursos renovables y, por otro lado, reducir los desechos técnicos derivados de los procesos de producción. Por ejemplo, la sustitución de energía fósil por energía natural no solo que apunta a la reducción de los niveles de contaminación, sino que intenta reducir los incentivos de creación de nuevos sistemas de producción que afecten a la tasa de regeneración del ecosistema.

Adicionalmente, los sistemas de producción de energía limpia incentivan a la entrada de actores que provean bienes o servicios que contribuyan al aprovechamiento de desechos biodegradables y de explotación racional de recursos renovables. De esa manera es como se logra un crecimiento económico que sea sustentable y un desarrollo sostenible. Sin embargo, los costos detrás del proceso de reconversión productiva suelen ser un factor que inhibe el cambio de preferencias en los fabricantes, siendo en ese momento muy útil la aplicación de política económica que se oriente particularmente en los incentivos fiscales y en el acompañamiento público en la prestación de bienes públicos accesorios que permitan a los actores privados optar por un esquema de producción circular.

En esa misma línea puede ser útil el desarrollo de mecanismos de alianzas público-privadas para la conformación de unidades de negocio que acopien los desechos tecnológicos y, en acompañamiento con universidades, desarrollar proyectos de investigación que permitan el análisis del desecho y evaluar que tipos de salidas sostenibles se puede dar para ampliar la utilización de dichos subproductos en la economía.

Un modelo complementario a la economía circular es la economía colaborativa, la cual se puede definir conceptualmente como un modelo donde se evoluciona de una sociedad de propiedad individual a una compartida (Clauss, Harengel y Hock, 2019), la clave en esa transformación es el uso del internet, la web 2.0 y el desarrollo de aplicativos móviles (comúnmente llamada en la literatura como *plataformas*) que permiten a las personas compartir el acceso hacia bienes o servicios que están infrautilizados (Ferrell,

Ferrell y Huggins, 2017) y que a cambio se puede percibir un beneficio monetario o no monetario, dependiendo de si quienes intervienen en la transacción colaborativa están motivados por el lucro o no.

De esta definición se puede extraer como contribución de la economía circular para la actividad económica el eslabonamiento entre innovación tecnológica, emprendimiento y conocimiento, debido a que para incentivar la participación entre oferentes y demandantes de productos infrautilizados se hace un análisis sobre cuáles son las limitantes detrás de la poca utilización o el desconocimiento de la existencia de esos productos, luego los canales tecnológicos acercan a las partes y promueven un modo de consumo sostenible. Adicionalmente, el eslabonamiento indicado anteriormente es el sustento para la competitividad y crecimiento económico (Piñeiro-Chousa y otros, 2020) que se encuentra ampliamente sostenido en la literatura económica.

Las plataformas que son parte del modelo colaborativo se refieren a una entidad que facilita el intercambio empleando diferentes tecnologías de información y comunicación (TICs). Este modelo de negocio implica que los actores involucrados utilizan el terminal de soporte del administrador de plataforma para efectuar el intercambio. Existen algunas tipologías de plataforma entre las cuales se resaltan (Curtis y Lehner, 2019):

- a. *peer to peer*;
- b. *business-to-consumer*;
- c. *crowd*;
- d. *consumer-to-consumer*;
- e. *business-to-business*;
- f. *business-to-peer*; y
- g. *public-to-citizen*.

El tipo (a) se refiere a una red de intercambio en la cual no media un intermediario o un servidor. El tipo (b) ocurre cuando las empresas ofertan bienes y servicios a los consumidores, buscando marginar alguna rentabilidad durante el desarrollo de la transacción. El tipo (c) se refiere a una mediación de uno a muchos, de muchos a uno o de muchos a muchos, habitualmente se refieren a esquemas participativos guiados con la consecución de un objeto social de parte de los usuarios.

El tipo (d) es aquel en donde el proveedor/comerciante facilita el acceso a los consumidores a un determinado *stock* de bienes, mientras no exista el pago del consumidor, los bienes son propiedad de la empresa que los oferta. El tipo (e) interviene en un mercado de dos o múltiples caras entre empresas que requieren el acceso a un nicho de recursos que son indispensables para el funcionamiento de su sector empresarial. El tipo (f) también interviene en un mercado de dos caras que reúne a las empresas con los usuarios para

obtener acceso a bienes y servicios. Finalmente, el tipo (g) se refiere a plataformas que son mantenidas o respaldadas por alguna forma de gobierno y que pretende contactar con sus ciudadanos.

Sin embargo, la economía colaborativa suele tener más reparos sobre su real contribución al desarrollo sostenible que la economía circular. Las posiciones a favor de la economía colaborativa (Liu y Chen, 2020; Plewnia y Guenther, 2018) indican que tienen un aporte para la equidad del funcionamiento de los sistemas productivos debido a que permiten el uso de recursos existentes en beneficio de usuarios que podrían ser excluidos del sistema económico por los costos de acceso al mercado, tanto para ofertar como para demandar.

En ese sentido tiene un impacto indirecto sobre los estándares y calidad de vida debido a que permiten generar ingresos a personas de cualquier estrato social y que son fundamentales para su subsistencia. Las posiciones en contra señalan las prácticas distorsionadoras que pueden provocar (Cheng y Edwards, 2019; Vera y otros, 2017; Williams y Horodnic, 2017), entre ellas se señalan: interrumpir las regulaciones gubernamentales, promover la monopolización de las empresas que se encuentran tras los mecanismos tecnológicos descentralizados de la economía colaborativa, y promover prácticas laborales por fuera de las permitidas en las legislaciones laborales de los países, llegando incluso a incentivar prácticas de informalidad empresarial.

No obstante, se pueden apreciar que las objeciones no atacan directamente la contribución al desarrollo sostenible de la economía colaborativa sino a los fallos de mercado y de regulación que pueden generarse como corolario. Por tanto, algunas estrategias normativas que se pueden aplicar para evitar prácticas que distorsionen al mercado son:

1. proponer un régimen especial regulatorio para las relaciones laborales que resultan del modelo colaborativo, específicamente en temas puntuales como remuneraciones, acceso a la seguridad social y respecto de derechos sociales que existen en el régimen general de trabajo;
2. adoptar medidas fiscales que reconozcan las contribuciones del modelo colaborativo a reducir los contaminantes, emisiones de carbono y eficiencia energética, esto permite compensar los costos laborales que pueden encarecerse con la aplicación de la normativa anterior y,
3. reformar el currículo escolar con el objetivo de sensibilizar a los consumidores sobre los pros y contras de la economía circular, particularmente en los contras debido a que estos pueden influir en la elección de compra o intervención y, a su vez, influenciar en los productores para que adopten medidas que internamente recojan las preocupaciones de los consumidores.

¿Cuál sería el efecto de aplicación de medidas fiscales para el estímulo de la economía circular y la economía colaborativa en el beneficio de una empresa neoclásica?

Vamos a suponer un modelo sencillo de dos empresas cuyas funciones de costo de producción se pueden representar como:

$$C_1 = f_1(x_1) + g_1(x_2) \text{ (empresa 1)}$$

$$C_2 = f_2(x_2) + g_2(x_1) \text{ (empresa 2)}$$

Entonces el costo marginal al que se enfrenta cada empresa estará dado como $\frac{\delta t_1}{x_1}$, que va a depender del volumen de producción, x_1 , y no de la producción de la empresa 2; esto debido a que las variaciones en la producción de la empresa 1 provocan desplazamiento vertical en la curva de costos totales de la otra. De ahí que la maximización del beneficio individual de cada empresa estaría limitada por las siguientes relaciones:

$$\max. B_1 = px_1 - [f_1(x_1) + g_1(x_2)] \text{ (empresa 1)}$$

$$\max. B_2 = px_2 - [f_2(x_2) + g_2(x_1)] \text{ (empresa 2)}$$

es decir,

$$P = \frac{\delta t_1}{\delta x_1} \text{ y,}$$

$$P = \frac{\delta t_2}{\delta x_2}, \text{ que satisfacen los volúmenes de producción para empresa 1 y empresa}$$

2. Las condiciones que se requieren para la maximización del bienestar social son:

$$P = \frac{\delta t_1}{\delta x_1} + \frac{\delta g_2}{\delta x_1} \text{ y } P = \frac{\delta t_2}{\delta x_2} + \frac{\delta g_1}{\delta x_2}$$

y las soluciones x^*_1 y x^*_2 son diferentes a las condiciones de x'_1 y x'_2 anteriores.

Adicionalmente: $\frac{\delta g_2}{\delta x_1} \neq 0$ y $\frac{\delta g_1}{\delta x_2} \neq 0$.

Si t_1 y t_2 son las medidas fiscales (impuestos o subsidios) que se establecen para el estímulo de la economía circular o de la economía colaborativa, la maximización del beneficio social para las dos empresas estaría definida por las siguientes identidades:

$$\max. B_1 = px_1 - [f_1(x_1) + g_1(x_2)] - t_1 x_1 \text{ (empresa 1)}$$

$$\max. B_2 = px_2 - [f_2(x_2) + g_2(x_1)] - t_2 x_2 \text{ (empresa 2)}$$

y la condiciones en p , incluyendo las medidas fiscales:

$$P = \frac{\delta t_1}{\delta x_1} + t_1 \text{ (empresa 1)}$$

$$P = \frac{\delta t_2}{\delta x_2} + t_2 \text{ (empresa 2)}$$

Estas condiciones en p serían iguales a las condiciones para la maximización del bienestar social en los siguientes casos:

$$t_1 = \frac{\delta g_2}{\delta x_1} \text{ cuando } x_1 = x^*1$$

$$t_2 = \frac{\delta g_1}{\delta x_2} \text{ cuando } x_2 = x^*2$$

Esto implica que para aquella empresa que crea una economía externa entonces debe recibir una subvención y por tanto t_1 y t_2 serán negativos cuando lo sean también $\frac{\delta g_2}{\delta x_1}$ y $\frac{\delta g_1}{\delta x_2}$. En cambio, si una empresa genera deseconomías externas debe recibir un impuesto y por tanto t_1 y t_2 serán positivos y mayores a cero con las mismas condiciones para $\frac{\delta g_2}{\delta x_1}$ y $\frac{\delta g_1}{\delta x_2}$, respectivamente.

Detrás de la idea de pagar un impuesto a quién genera algún tipo de externalidad sobre los recursos naturales se encuentra el principio *pigouviano* del que contamina paga. De esta manera la orientación racionalista y maximizadora es la que determina la asignación óptima de recursos escasos y por lo tanto se tiende a buscar resultados socialmente deseados, tomando en consideración que cualquier actividad productiva o humana tiene alguna consecuencia de impacto ambiental sobre la tasa de consumo de los recursos naturales y el stock de capital natural.

La idea es que el monto de subvención o impuesto es definido sobre un cierto nivel de desgaste del capital natural, y que a continuación las unidades de producción para evitar el costo de la imposición comenzarán a ajustar sus volúmenes de emisión hasta el punto en el que el costo marginal del ajuste sea equivalente a la tasa marginal de impuestos. Aunque la idea parece atractiva en el sentido de que la regulación influye sobre los incentivos y es eficiente a medida que las unidades de producción buscan minimizar el pago de contribuciones no queda claro cuál debe ser la tasa de impuesto que movilice los incentivos privados al objetivo de calidad ambiental definidos sobre el stock de capital natural y su tasa de consumo.

Enfoques no neoclásicos

Los instrumentos analíticos que posee la economía neoclásica se encuentran condicionados por los juicios de valor que provienen de la economía del bienestar, particularmente el juicio de calificación que hace referencia al quién y sobre qué base jerarquiza los problemas ambientales y discrimina entre las alternativas de solución para hacer frente al problema; debido a que la base de la economía neoclásica es la eficiencia paretiana, entonces las soluciones siguen un principio de optimización en el que la sociedad encuentra un orden a sus intereses y se excluyen todos aquellos resultados que no implican una mejora del bienestar privado.

¿Pero qué ocurre cuando los intereses se enmarcan desde un sentido más humanista y menos utilitarista?, ¿cómo se puede incorporar soluciones cooperativas y

conservacionistas que se oponen a la concepción optimizadora y rentista?; como modo de respuesta a estas cuestiones surgen en los enfoques no neoclásicos de la política económica para la promoción del desarrollo sostenible y los pasamos a analizar a continuación.

Los enfoques no neoclásicos parten de un enfoque de sostenibilidad fuerte (Correa, 2003) debido a tres razones:

1. algunos recursos naturales son sustanciales para los procesos de producción;
2. aún en procesos productivos donde el capital natural no es el insumo principal, el grado de sustitución tiende a reducirse a medida que el stock de recursos se agota; y
3. la mayoría de los recursos naturales tiene una elasticidad de sustitución con el capital manufacturado muy cercana a cero.

Como se puede apreciar, estos argumentos sugieren que para un cierto stock de capital natural crítico la elección de la sociedad debe ser la conservación, independientemente de que haya algún costo de oportunidad social positivo que lleve a reconsiderar el no afectar el stock natural. Por otro lado, este enfoque fuerte sugiere que el rol de precios y el cambio tecnológico no son suficientes para lograr la sostenibilidad y el equilibrio de bienes manufacturados con ciertos bienes naturales (Schüte, 2018; Philp, 2018). Los precios se consideran como una representación imperfecta de la escasez de recursos dado que:

- a. existen derechos de propiedad que dan poder a las grandes compañías o a los estados para intervenir sobre la elección de extracción de un recurso natural, de manera que estos poderes no se transmiten de manera objetiva sobre los precios de mercado; y
- b. los precios no son intertemporales y no recogen la expectativa de las generaciones futuras (justicia intra generacional), esto sugiere que los precios de los recursos naturales en tiempo presente no incorporan un premio o castigo por la conservación o sobreexplotación de un recurso natural.

En el caso del cambio tecnológico, este enfoque sugiere que existe mayormente una sobre estimación en la capacidad de que la nueva tecnología pueda contener el agotamiento de un recurso natural o la afectación paralela hacia otros recursos naturales, esto es más evidente si junto a esta sobreestimación se tiene un escenario de expectativa de precios altos en el corto plazo sobre la extracción de un recurso natural, esto conllevaría a una exceso de oferta presente del recurso natural y no habría posibilidad para su conservación en el largo plazo, ni de introducir mejoras tecnológicas que vuelvan eficiente la extracción.

Sin embargo, como los bienes naturales no tienen la misma probabilidad de agotamiento a partir de un determinado nivel de explotación, es importante entender las singularidades de comportamiento por cada tipo de bien natural a partir de la ecología de poblaciones y la ecología de los sistemas (Vargas, Pallagst y Hammer, 2018). La ecología de poblaciones se refiere al análisis evolutivo de la biomasa de una especie individual restringida a su flujo de alimento y modelo depredador-presa.

En cambio, la ecología de los sistemas está relacionado con la forma cómo los servicios ambientales que presta el ecosistema sirven de apoyo para el sistema económico, mediante las interacciones entre las diferentes comunidades de organismos e individuos que conforman las poblaciones de los diferentes hábitats del sistema natural. No obstante, es importante señalar que estos enfoques conductuales no son mutuamente excluyentes, sino que se refieren a un análisis económico de equilibrio parcial (ecología de poblaciones) y de equilibrio general (ecología de los sistemas).

De esta manera, los enfoques no neoclásicos intentan balancear los objetivos de la política económica entre la conservación completa de un recurso natural amenazado y la explotación controlada de recursos naturales cuya ecología de sistemas permita su recuperación frente a las necesidades presentes y futuras de esos recursos para los diferentes procesos productivos. Por ejemplo, las actividades de pesca implican alguna afectación a especies que no tienen valor comercial, pero que por la misma actividad industrial o artesanal no se puede evitar su captura; sin embargo, existen regulaciones que definen áreas en las que no se puede ejercer dicha práctica, así como períodos de veda para permitir la reproducción y crecimiento de las especies que sí tienen valor comercial.

En el ejemplo anterior se puede apreciar que existe una política pública que toma en consideración la ecología de poblaciones y la ecología de sistemas para lograr efectividad en el control del consumo del stock natural, pero ¿cómo se interviene en otras actividades productivas donde no es posible el encuentro entre ambas ecologías o donde no se puedan aplicar mejores estudios para el entendimiento de la evolución poblacional e interacción con otros seres vivos?, en estos casos los enfoques no neoclásicos sugieren políticas públicas como (Dietz y otros, 2018; Correa, 2003):

- a. mercados de carbono,
- b. acuerdos internacionales para reducir las emisiones de CO₂, y
- c. limitaciones al libre comercio de recursos naturales amenazados y en peligro de extinción.

Los mercados de carbono aparecen como un mecanismo complementario de financiación para empresas e individuos que han asumido un compromiso de reducción de las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero (GEI), como una de las causas del cambio climático que está afectando al planeta (Michaelowa, Shishlov, Brescia, 2019). Los mercados de carbono se proponen formalmente en el Protocolo de Kioto, donde se señalan tres mecanismos de mercado para el comercio de permisos de emisiones: comercio internacional de emisiones, mecanismo de desarrollo limpio y aplicación conjunta.

De manera formal, los primeros mercados de carbono en el mundo surgen con el lanzamiento de sistemas nacionales y regionales como el Emission Trading Scheme (Reino Unido) o EU Emission Trading Scheme (EU-ETS, Unión Europea). Los mercados de carbono se subdividen en dos tipos: Mandatorios, donde las entidades reguladas deben

de obtener y entregar derechos de emisión o compensaciones para el cumplimiento de los objetivos reglamentarios definidos por la autoridad gubernamental y Voluntarios, que se refieren a transacciones de compensación que se adquieren mayormente de parte de las entidades reguladas como un compromiso adicional de reducción de huella de carbono o en menor medida, como un pre cumplimiento a los compromisos que luego se intercambian en el mercado mandatorio.

La subdivisión anterior también muestra que existe transacciones de carbono que se articulan bajo los compromisos del Protocolo de Kioto, que implican los compromisos de las naciones desarrolladas para reducir las emisiones de carbono y otro grupo de transacciones que se desarrollan por fuera del Protocolo de Kioto y que constituyen iniciativas voluntarias de restricciones de emisiones de parte de las entidades reguladas, así como iniciativas federales y estatales en Estados Unidos (país que no ha ratificado el Protocolo de Kioto) para mitigar internamente los gases de invernadero.

Pese a que de acuerdo con Green Finance LAC (2021) a diciembre de 2021 existe un total de 68 instrumentos que cubren el 23% de las emisiones mundiales, la evolución de los mercados de carbono como mecanismo internacional de reducir la emisión de CO₂ han tenido una evolución poco consistente con los objetivos que se pretenden alcanzar (Michaelowa y otros, 2019; Hamrick y Gallant, 2017). En la Figura 4 se muestra una evolución detallada del mercado internacional del carbono y sus principales hitos desde su implementación hasta antes de la crisis sanitaria de la COVID19.

Como se puede apreciar, los mercados internacionales de carbono han tenido conductas muy variables desde su aparición en 1995. La fase 1 se caracterizó por la introducción de mecanismos de mercado como estrategia de mitigación del cambio climático, las cuales se incluyeron en el Protocolo de Kioto y las reglas de funcionamiento se establecieron mediante los Acuerdos de Marrakech en 2001, así se definen las AIJ y los MDL los cuales no tuvieron una fuerte demanda del sector privado y se requirió que el sector público active estos mercados mediante programas de compra de créditos de carbono y fondo de carbono.

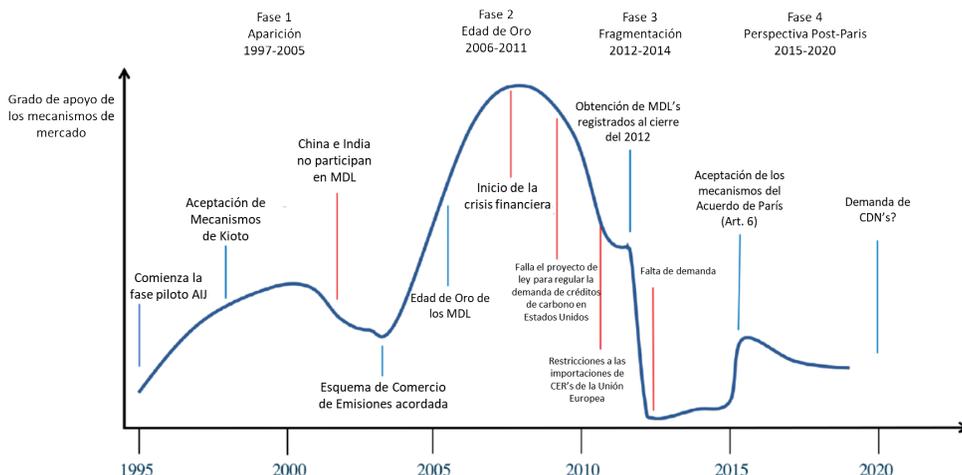
La fase 2 se caracteriza por una mayor demanda privada hacia el mercado de carbono, llevado por las exigencias de Unión Europea al uso de MDLs de parte de las empresas privadas para que reduzcan su huella de carbono y por otro lado la demanda de gobiernos como el de Japón de este tipo de mecanismos; del lado de la oferta en cambio aparecieron países en desarrollo como India, Brasil y México que sustentaban los créditos de carbono para el desarrollo de proyectos locales de gas industrial y energía hidroeléctrica (Días, Horta y Chambino, 2023).

Es importante también señalar que esta fase de auge estuvo acompañada del ciclo económico de crecimiento en los precios de las materias primas, particularmente el petróleo; lo cual lleva a plantear que el auge de la demanda privada en el mercado de carbono tuvo una arista de compromiso con la conservación y otra matizada por la preferencia relativa de

desarrollo productivo centrado en reducir la dependencia en el petróleo y de esta manera bajar los precios.

Figura 4

Evolución del mercado internacional del carbono



Nota.: AIJ = Actividades implementadas conjuntamente; MDL = Mecanismo de Desarrollo Limpio; CER = Reducciones de Emisiones Certificadas, CDN = Contribuciones Determinadas Nacionalmente. Traducido de (Michaelowa y otros, 2019, p, 17)

La fase 3 en cambio se caracteriza por una caída inesperada en los precios del carbono, hay al menos dos hechos que provocaron estas situaciones:

1. la emisión de créditos de carbono alcanzó los límites definidos en el sistema EU-ETS con lo cual el atractivo para nueva demanda se contuvo, y
2. la incertidumbre con respecto al mantenimiento de los compromisos de los firmantes del Protocolo de Kioto derivó en una menor demanda de parte de los gobiernos; de esta manera el mercado colapsó y el interés por acceder a créditos de carbono retrocedió a los niveles inferiores a los observados en 1995.

Finalmente, la fase 4 se caracterizó por un cambio en las reglas de juego con la entrada en vigencia de los Acuerdos de París de 2015 en donde se deja de lado los presupuestos de carbono medidos en toneladas de CO₂ (definidos en el Protocolo de Kioto) y se sustituyen por un régimen climático internacional de variaciones en la temperatura y sobre las cuales los países aceptantes del Acuerdo de París deben de definir sus NDCs; si bien este enfoque es más ambicioso en cuanto a la inclusión de los países en desarrollo y los fondos que se esperan cubrir para el paquete financiero de estímulo para el alcance de los objetivos de la Conferencia de las Partes 21 (COP21 su aplicación en la práctica se percibe como incierta sobre todo por las disparidades de desarrollo entre países y debilidades en el

sistema financiero internacional que se han ahondado tras la crisis sanitaria de la COVID19 (Liu y otros, 2021).

En consecuencia, la disparidad de los niveles de desarrollo lleva a que aspectos medulares sobre cómo implementar las decisiones planteadas en las diferentes COPs, tengan una definición en cuanto a objetivos por alcanzar, pero no dispongan de un mecanismo de penalización por incumplimiento a más de un sistema *name and shame* (Dormido, Garrido, L'Hotellerie-Fallois y Santillán, 2022); es decir, sólo nombrar públicamente al país u organismo que no ha cumplido. Siendo esta la falla más recurrente de los acuerdos internacionales entre países para lograr la reducción de los GEI y contener el cambio climático.

De los períodos de expansión y retroceso sobre los mercados de carbono presentados en la figura 4 se pueden apreciar que los aspectos que dominan esta dinámica son factores políticos y económicos que han acompañado a la preocupación de las naciones con respecto al uso y conservación de los recursos naturales. Desde el lado político los compromisos más apremiantes son las definiciones con respecto a las prioridades de conservación por nivel de desarrollo de los países y luego el tratamiento de dilemas éticos que surgen de la misma interacción de las empresas interesadas en comerciar créditos de carbono, estos dilemas son la doble contabilización de la reducción de emisiones de los GEI, abuso a los derechos humanos y el *greenwashing* (Green, 2021) que se refiere a la práctica de tergiversar o comerciar falsamente credenciales ecológicas para beneficio propio.

CONCLUSIONES

Posiblemente tras leer este capítulo las preguntas que subyacen son: ¿por qué el crecimiento económico debe conllevar a un desarrollo sostenible? y ¿qué debemos tratar de sostener? Bueno, en las secciones anteriores se ha presentado que lo que se intenta sostener es el bienestar humano, que la disponibilidad de recursos naturales quede para uso consciente en las siguientes generaciones y que tanto desde el consumo como de la producción haya conciencia sobre las mejores prácticas que pueden llevar a disponer de actividades económicas sustentables.

Sin embargo, el camino para lograr el bienestar social no es lineal debido a que en los modelos económicos actuales existen relaciones de poder e intereses creados que suelen no estar cercanos a las restricciones de explotación de recursos naturales y tratamiento de desechos expuestos en este capítulo. Pese a ello hay algunas formas de intervención que se han recogido en la teoría económica que se han venido aplicando como mecanismos de promoción de la sostenibilidad como las contribuciones piguianas (enfoque neoclásico) y los acuerdos internacionales entre países e instrumentos de activación como los mercados de carbono (enfoque no neoclásico).

La ventaja del enfoque neoclásico es que asigna una carga o un beneficio a quién esté

gestando deseconomías o externalidades positivas, respectivamente; y que partiendo de ese ese esquema de castigo o premio trabaja sobre los incentivos individuales para adoptar una postura de aprovechamiento sostenible del *stock* de capital natural. La desventaja de este enfoque es no tener conocimiento sobre cuál es ese nivel de premio o castigo que motiva a la empresa o individuos a tomar una conducta orientada hacia la sostenibilidad, además se reconocen dilemas éticos que pueden influenciar sobre el alcance real de las acciones conservacionistas que se toman sobre la tasa de uso del *stock* de capital natural.

Desde los enfoques no neoclásicos se reconoce el esfuerzo por lograr acciones más coordinadas entre países sobre el alcance de la sostenibilidad en las actividades productivas y la necesidad de crear mecanismos financieros para su promoción como los mercados de carbono regulados y voluntarios. Las desventajas que se anotan de estas propuestas es que se encuentran condicionadas al ciclo económico y particularmente al comportamiento de los precios del carbono, de ahí la variabilidad histórica que han tenido por las fases representadas en la sección anterior. Adicionalmente, la discrecionalidad en el cumplimiento de compromisos en los países concurrentes a las COPs lleva a que constantemente los objetivos de sostenibilidad se estén replanteando o ajustando en función de las circunstancias en las que se encuentran los países más desarrollados; lo cual dificulta una transición hacia mecanismos de producción sostenibles.

Como se podrá advertir, tanto las aplicaciones neoclásicas como las no neoclásicas presentan deficiencias en la aplicación que tienen un mismo génesis: metas ambientales poco definidas a la realidad de desarrollo, mecanismos de sanción fuertes que reduzcan la probabilidad de elusión de compromisos y falta de un mayor consenso político para la aplicación estricta del sistema regulatorio. Por tanto, se requiere que, para lograr una mejora de los alcances de la intervención en la búsqueda de la sostenibilidad, se establezcan consensos básicos sobre el grado de involucramiento en los compromisos ambientales a nivel de empresas y entre países, lo cual llevará a una mejor definición del tipo de instrumentos que se implementarán sobre la política económica a definir.

AGRADECIMIENTOS

Este capítulo ha sido posible gracias al patrocinio del proyecto de investigación “Gestión de empresas y grupos de interés hacia la sostenibilidad desde la responsabilidad social empresarial”, proyecto que está adscrito a la carrera de Administración de Empresas de la UMET, Sede Machala.

REFERENCIAS

Alvarado-Herrera, A., Bigne, E., Aldas-Manzano, J., y Curras-Perez, R. (2017). A scale for measuring consumer perceptions of corporate social responsibility following the sustainable development paradigm. *Journal of Business Ethics*, 140, 243–262. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2654-9>

- Baumgärtner, S. y Quaas, M. (2009). What is sustainability Economics?. *Ecological Economics*, 69 (2010), 445-450. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.019>
- Becker, C. (2009). *Sustainability Ethics and Sustainability Research*. Habilitation Thesis, Technical University of Kaiserslautern. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-2285-9>
- Ben-Eli, M. (2018). Sustainability: definition and five core principles, a systems perspective. *Sustainability Science*. 13, 1337–1343. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0564-3>
- Berrone, P., Ricart, J., Duch, A., Bernardo, V., Salvador, J., Piedra, J., y Rodríguez, M. (2019). EASIER: An evaluation model for public-private partnerships contributing to the sustainable development goals. *Sustainability (Switzerland)*, 11(8), 2339–2364. <https://doi.org/10.3390/su11082339>
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Houghton Mifflin Company. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B0-12-369400-0/01066-8>
- Cheng, M., y Edwards, D. (2019). A comparative automated content analysis approach. Journal on the review of the sharing economy discourse in tourism and hospitality. *Current Issues in Tourism*, 22(1), 35–49. <https://doi.org/10.1080/13683500.2017.1361908>
- Clauss, T., Harengel, P., y Hock, M. (2019). The perception of value of platform-based business models in the sharing economy: Determining the drivers of user loyalty. *Review of Managerial Science*, 13(3), 605–634. <https://doi.org/10.1007/s11846-018-0313-0>
- Correa, F. (2003). Economía del desarrollo sostenible: propuestas y limitaciones de la teoría neoclásica. *Semestre Económico*, 6(12), 1-21. Recuperado de: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1367>
- Costanza, R., y Daly, H., (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6 (1), 37-46. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/2385849>
- Curtis, S., y Lehner, M. (2019). Defining the sharing economy for sustainability. *Sustainability*, 11 (567), 1-25. <https://doi.org/10.3390/su11030567>
- Daly, H. (1990). Towards some operational principles of sustainable development. *Ecological Economics*, 2 (1), 1–6. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(90\)90010-R](https://doi.org/10.1016/0921-8009(90)90010-R)
- Dasgupta, P. y Heal, G. (1974). The optimal depletion of exhaustible resources. *Review of Economic Studies*, 41, 3–28. <https://doi.org/10.2307/2296369>
- Dias, R., Horta, N., Chambino, M. (2023). Clean energy action index efficiency: An analysis in global uncertainty contexts. *Energies*, 16(3937) 1-18. <https://doi.org/10.3390/en16093937>
- Dietz, T., Börner, J., Förster, J., Von Braun, J. (2018). Governance of the Bioeconomy: A global comparative study of national bioeconomy strategies. *Sustainability*, 10 (3190), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su10093190>
- Dormido, L. Garrido, I., L'Hotellerie-Fallois, P., y Santillán, J. (2022). El cambio climático y la sostenibilidad del crecimiento: Iniciativas internacionales y políticas europeas. *Documentos Ocasionales 2213*. Banco de España. Recuperado de: <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSeriadadas/DocumentosOcasionales/22/Fich/do2213.pdf>
- Drupp, M., Baumgartner, S., Meyer, M., y Quaas, M. (2020). Between Ostrom and Nordhaus: The research landscape of sustainability economics. *Ecological Economics*, 172 (2020), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106620>

- Ferrell, O., Ferrell, L., y Huggins, K. (2017). Seismic shifts in the sharing economy: Shaking up marketing channels and supply chains. *Journal of Marketing Channels*, 24(1-2), 3–12. <https://doi.org/10.1080/1046669X.2017.1346973>
- Gallopin, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Serie Medio Ambiente y Desarrollo. CEPAL-NACIONES UNIDAS, Santiago de Chile. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5763>
- Gouda, S., Kerry, R., Das, G., Paramithiotis, S., Shin, H., y Patra, J. (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiol. Res.* 206, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016>
- Green, J. (2021). Does carbon pricing reduce emissions? A review of ex-post analyses. *Environmental Research Letters*, 16, 1-18. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2021ERL....16d3004G/doi:10.1088/1748-9326/abd9
- Green Finance LAC (2021). Mercados de carbono. Recuperado de: <https://greenfinancelac.org/es/nuestras-iniciativas/mercados-de-carbono/>
- Harada, M. (1995). Minamata Disease: Methylmercury Poisoning in Japan Caused by Environmental Pollution. *Critical Reviews in Toxicology*, 25, 1-24. <https://doi.org/10.3109/10408449509089885>
- Hamrick, K., y Gallant, M. (2017). Unlocking potential: State of the voluntary carbon markets 2017. Washington, DC: Forest Trends' Ecosystem Marketplace. Recuperado de: <https://www.cbd.int/financial/2017docs/carbonmarket2017.pdf>
- Heck, V., Hoff, H., Wirsenius, S., Meyer, C., y Kreft, H. (2018). Land use options for staying within the Planetary Boundaries-Synergies and trade-offs between global and local sustainability goals. *Global Environmental Change*, 49, March 2018, 73-84. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.02.004>
- Hartwick, J. (1977). Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *American Economic Review*, 67 (5), 972–974. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/1828079>
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., y Rosado, L., (2018). Circular economy e from review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, 135 (October), 190 – 201. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense, E., Muller, J., Huibrechtse, A., y Hekkert, M. (2018). Barriers to the circular economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150, 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>
- Klaassen, G., y Opschoor, J. (1991). Economics of sustainability or the sustainability of economics: different paradigms. *Ecological Economics*, 4, 93-115. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(91\)90024-9](https://doi.org/10.1016/0921-8009(91)90024-9)
- Korhonen, J., Honkasalo, A., y Seppälä, J. (2018). Circular Economy: the concept and its limitations. *Ecological Economics*. 143 (January), 37- 46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Kothari, A., Demaria, F., y Acosta, A. (2014). Buen Vivir, degrowth and ecological Swaraj: alternatives to sustainable development and the green economy. *Development*. 57, 362–375. <https://doi.org/10.1057/dev.2015.24>
- Liu, Z., Deng, Z., He, G., Wang, H., Zhang, X., Lin, J., Qi, Y, y Lian, X. (2022). Challenges and opportunities for carbon neutrality in China. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 141-155. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00244-x>

Liu, X., y Chen, H. (2020). Sharing economy: Promote its potential to sustainability by regulation. *Sustainability*, 12(3), 919. <https://doi.org/10.3390/su12030919>

López, J. (2015). El impacto de la inversión pública sobre el crecimiento económico. Una revisión del caso ecuatoriano. *Eumednet: Observatorio de la economía latinoamericana*, 1-14. Recuperado de: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2015/inversion.html>

Markulev, A., y Long, A. (2013). *On sustainability: an economic approach*. Productivity Commission, Staff Research Note, Productivity Commission, Canberra. Recuperado de: <https://www.pc.gov.au/research/supporting/sustainability/sustainability.pdf>

Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., y Behrens, W. (1972). *The Limits to Growth*, Universe Books, New York. Recuperado de: <https://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>

Michaelowa, A., Shishlov, I., Brescia, D. (2019). Evolution of international carbon markets: lessons for the Paris Agreement. *Climate Change*, 10 (6), 1-24. <https://doi.org/10.1002/wcc.613>

Michaelowa, A., Hermwille, L., Obergassel, W., y Butzengeiger, S. (2019). Additionality revisited: Guarding the integrity of market mechanisms under the Paris Agreement. *Climate Policy*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1628695>

Mio, C., Panfilo, S. y Blundo, B. (2020). Sustainable development goals and the strategic role of business: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, 2020, 1-26. <https://doi.org/10.1002/bse.2568>

Neumayer, E. (2010). *Weak Versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*, 3er ed. Edward Elgar, Cheltenham UK. Recuperado de: <https://www.elgaronline.com/display/9781781007075.xml>

Niu, w., Shi, J., Xu, Z., Wang, T., Zhang, H., y Su, X. (2022). Evaluating the Sustainable Land Use in Ecologically Fragile Regions: A Case Study of the Yellow River Basin in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 1-23. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063222>

Olawumi, T., Chan, D. (2018). A scientometric review of global research on sustainability and sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 183, 231-250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.162>

Pearce, D., y Atkinson, G. (1992). Are National Economies Sustainable? Measuring Sustainable Development. Centre for Social and Economic Research in the Global Environment (CSERGE) Working Paper 92-11. University College London. Recuperado de: <https://n9.cl/mrudj>

Philp, J. (2018). The bioeconomy, the challenge of the century for policy makers. *New Biotechnology*, 40 (25), 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.04.004>

Piñeiro-Chousa, J., López-Cabarcos, M. A., Romero-Castro, N. M., y Pérez-Pico, A. M. (2020). Innovation, entrepreneurship and knowledge in the business scientific field: Mapping the research front. *Journal of Business Research*, 115, 475-485. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.045>

Plewnia, F., y Guenther, E. (2018). Mapping the sharing economy for sustainability research. *Management Decision*, 56(3), 570-583. <https://doi.org/10.1108/MD-11-2016-0766/full/html>

Prieto, V., Jaca, C., y Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 179, 605-615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>

- Ruggerio, C. (2021). Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Science of the Total Environment*, 786, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147481>
- Schroeder, P., Anggraeni, K., y Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*. 23, 77–95. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12732>
- Schütte, G. (2018). What kind of innovation policy does the bioeconomy need?. *New Biotechnology*, 40 (25), 82-86. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.04.003>
- Solow, R. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. *Review of Economic Studies*, 41, 29–45. <https://doi.org/10.2307/2296370>
- Sauvé, S., Bernard, S., y Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*. 17, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- Spaiser, V., Ranganathan, S., Swain, R, y Sumpter, D. (2017). The sustainable development oxymoron: quantifying and modelling the incompatibility of sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 24, 457–470. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1235624>
- Stiglitz, J. (1974). Growth with exhaustible natural resources: Efficient and optimal growth path. *Review of Economic Studies*, 41, 123–137. <https://doi.org/10.2307/2296377>
- Suárez-Eiroa, B., Fernández, E., Méndez-Martínez, G. y Soto-Oñate, D. (2019). Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice. *Journal of Cleaner Production*, 214 (2019), 952-961. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.271>
- Vargas, J., Pallagst, K., y Hammer, P. (2018). Bio economía en la encrucijada del desarrollo sostenible. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4 (7), 800 – 810. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.5952>
- Vera, J. L., Quintana, R. A., Chávez, O. V., & González, F. (2017). Los fallos del sector formal contribuyen a crear empresas en el sector informal. *ISSN 2168-0612 FLASH DRIVE ISSN 1941-9589 ONLINE*, 926. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/312491151_LOS_FALLOS_DEL_SECTOR_FORMAL_CONTRIBUYEN_A_CREAR_EMPRESAS_EN_EL_SECTOR_INFORMAL
- Vera, J. G. L. (2013). Expectativas racionales versus neuroeconomía: ¿cómo tomamos decisiones los agentes? *Contribuciones a la Economía*, (2013-01). Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/erv/contri/y2013i2013-012.html>
- Williams, C., y Horodnic, I. (2017). Regulating the sharing economy to prevent the growth of the informal sector in the hospitality industry. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 29(9), 2261–2278. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-08-2016-0431>
- Zhao, N., y You, F. (2022). Sustainable power systems operations under renewable energy induced disjunctive uncertainties via machine learning-based robust optimization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112428>