



Revista Luna Azul
ISSN: 1909-2474
revista.lunazul@ucaldas.edu.co
Universidad de Caldas
Colombia

Economía y organizaciones, un acercamiento desde la perspectiva de la sostenibilidad y la entropía

Medina Rojas, Iván Darío; Barón Martínez, Lina Camila

Economía y organizaciones, un acercamiento desde la perspectiva de la sostenibilidad y la entropía

Revista Luna Azul, núm. 51, 2020

Universidad de Caldas, Colombia

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321770011003>

DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2020.51.3>




Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Investigación original

Economía y organizaciones, un acercamiento desde la perspectiva de la sostenibilidad y la entropía


Economy and organizations, an approach from the perspective of sustainability and entropy

Iván Darío Medina Rojas ¹ imedina@uniminuto.edu
Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia

 <https://orcid.org/0000-0002-8521-5005>

Lina Camila Barón Martínez ²
lbaronmarti@uniminuto.edu.co

Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia

 <https://orcid.org/0000-0001-1724-2304>

Revista Luna Azul, núm. 51, 2020

Universidad de Caldas, Colombia

Recepción: 11 Marzo 2019
Aprobación: 16 Enero 2020

DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2020.51.3>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321770011003>

Resumen: El presente escrito realiza un ejercicio de ilación entre componentes sociales como la economía y las organizaciones con elementos de las ciencias naturales tales como la ecología y el medio ambiente, mediante el uso de la interdisciplinariedad al aplicar herramientas que busquen su interrelación como lo es la entropía o la teoría general de sistemas. La información obtenida deriva de la revisión de la literatura, siendo estas fuentes secundarias especializadas en las temáticas propuestas a partir de una perspectiva holística. El objetivo es establecer la conexión adecuada de los campos de interés en un marco donde existe gran preocupación en la actualidad, fruto de un cúmulo de observaciones y experiencias que registra la humanidad, por lo que el concepto de desarrollo sostenible hace presencia y se fortalece en el plano actual. Con ello se logra concatenar y entender que las organizaciones (unidad clave del desarrollo económico) y el ser humano tienen un rol dentro del sistema, que hacen parte del entorno biótico y abiótico, que mantienen flujos energéticos con impactos acumulados al medio ambiente y, por tal motivo, el conocimiento y desarrollo de mecanismos de mejora resulta ser imperativo en el presente.

Palabras clave: organización, sistema económico, entropía, desarrollo sostenible, medio ambiente.

Abstract: This paper carries out an exercise of connection of social components such as economy and organizations with elements of the natural sciences such as ecology and the environment, through the use of interdisciplinarity when applying tools that seek their interrelationship such as entropy or general systems theory. The information obtained derives from the literature review, being these secondary sources specialized in the proposed themes from a holistic perspective. The objective of this work is to establish the appropriate connection of the fields of interest in a framework where there is great concern nowadays, as a result of a wealth of observations and experiences recorded by humanity, reason why the concept of sustainable development is present and strengthened at the current level. With this, it is possible to concatenate and understand that organizations (key units of economic development) and human beings have a role within the system, that they are part of the biotic and abiotic environment, that they maintain energy flows with accumulated impacts to the environment and. for this reason, the knowledge and development of improvement mechanisms turns out to be imperative in the present.

Keywords: organization, economic systems, entropy, sustainable development, environment.

Introducción

Hilvanar los campos de estudio para dar mayor profundidad en el conocimiento es un ejercicio de gran iteración en el presente, en otras palabras, es incrementar el valor de la interdisciplinariedad como elemento de gran importancia en la actualidad y predominante a la hora de estudiar desafíos de sostenibilidad ambiental, generando valor agregado a la investigación disciplinar, al coludir conocimientos de diversas vertientes que se traducirán en un ejercicio de síntesis epistémica, y más aún cuando se busca comprender un conjunto de desafíos contemporáneos desde la complejidad (Rodela et al., 2019). Por ello, establecer canales de comunicación para la comprensión de eventos desde una mirada ecléctica, facilita su entendimiento; y más en la actualidad que, desde perspectivas estructurales y coyunturales, se observa una cuantía considerable de galimatías (ambientales para el presente ejercicio) que se derivan de actividades económicas humanas. Por tal motivo, el interés de articular la dinámica económica y organizacional (empresas e industrias) a ciertos paradigmas que, de alguna forma, generan conexión sobre la importancia de un entorno con finitud de recursos, al realizar una aproximación desde la bioeconomía y el desarrollo sostenible a prácticas económicas y empresariales (Castaldo, 2012; Gheorghică, 2012).

En un escenario amplio, la dinámica económica hace parte de la taxonomía humana, es inherente a sus actividades y estructuralmente va de la mano con la historia misma. Las doctrinas económicas se han encargado de presentar nuevas tendencias, observando la fenomenología coyuntural en ese trasegar cronológico, y adaptándolo para tratar de dar respuesta a interrogantes que surgen. Buscar el mejoramiento económico aumentando el bienestar social y medioambiental, es uno de los cuestionamientos y preocupaciones surgidos en la actualidad; fruto de cambios generados por la sociedad en donde se percibe un constante agotamiento y desperdicio de los recursos naturales; es importante que modelos económicos y organizacionales establezcan políticas que blinden el entorno ambiental (Charonis, 2012). De acuerdo con Vatn (2020), los procesos económicos requieren de recursos ambientales con el objetivo de generar ingresos, no obstante, qué tipo de recursos y cómo se utilizan, depende de sus características, instituciones existentes y tecnología disponible.

Dentro de los objetivos propuestos por el modelo neoclásico convencional, figuran: el incremento de la productividad, el progreso tecnológico y el aumento poblacional, como impulsores del crecimiento económico. En ese orden de ideas, una teoría del crecimiento endógeno se amalgama al avance tecnológico y a habilidades del capital humano, donde las perspectivas de elementos de selección natural se adhieren a los modelos incrementales, explicando el paso de un estancamiento a un crecimiento (Zhavoronkov y Litovchenko, 2013). Sin embargo,

dilemas circunstanciales al interior del discurso político y económico aparecen, muy centrados en la extracción, el consumo y la eliminación de materiales; aún muy dependientes del sistema económico predominante en su aparato productivo (Whiting et al., 2018). Ante esto, se hacen serios planteamientos y se impulsan nuevas propuestas como la esgrimida por el economista francés Serge Latouche, quien apuesta por el decrecimiento como cambio del imaginario que se tiene sobre el desarrollo, ya que el crecimiento acelerado es insostenible y genera repercusiones en el medio ambiente y la sociedad; la crítica es generada a partir de las sociedades en crecimiento, pero que va más allá de la actividad económica al incluir elementos sociales y procesos políticos; al traer a colación los problemas ambientales generados (Haapanen y Tapio, 2016).

La conceptualización del mercado es bastante estática y mecanicista dentro del paradigma neoclásico (Vargo et al., 2017). La incursión de nuevos paradigmas se observa, tal que, corrientes de investigación tradicionales, como resulta al hablar de industrialización y crecimiento, colonización, desarrollo tecnológico y económico, han migrado en parte e involucrado considerablemente una investigación desde las tres aristas contempladas en la sostenibilidad (social, económica y ambiental), las cuales asumen conceptos como la responsabilidad social empresarial, análisis de flujos de materiales e impactos ambientales (Karakaya y Nuur, 2018).

Las organizaciones como sistema

Un agente dinamizador es la organización, la empresa, que en un contexto muy puntual es entendida desde la cultura griega como *ὄργανον* o “instrumento”, aunque el concepto se comenzó a afinar con el surgimiento de la Revolución Industrial (Morgan, 1998), constantemente se observan cambios en ese viaje cronológico. Smith lo abordó desde la perspectiva del mecanicismo organizacional, con la especialización de labores y así obtener una mayor eficiencia. De acuerdo con Porter, dichos cambios son producidos por una serie de variables que intervienen y propenden por incluir mejoras, que logren potenciar su ventaja competitiva (Camarena, 2016). Modificaciones que de manera ágil generan adaptaciones, al agregar valor a la empresa, fruto de las alteraciones de un entorno fluctuante (López et al., 2006), aspecto muy próximo a los sistemas naturales. De hecho, la organización debe ser comprendida como un sistema al hacer referencia a un conjunto de elementos en interacción que persiguen un fin común (Arboleda-Naranjo, 2017).

La organización empresarial se define con las características inherentes de la época, actualmente se basan en el conocimiento, en tecnología de la información y en los mercados globales. La organización es un sistema orgánico, con un entorno con el que se intercambia energía, materia, información y dinero, es un sistema abierto al tener entradas y salidas, con sus respectivos retornos que permiten la modificación del sistema, en cuanto a su estructura, operación y propósito, todo ello con el objetivo

de incrementar su permanencia en el tiempo al vincular ejercicios de adaptación, construcción y autorreparación (Velásquez, 2007), es una estructura regular, estable y ordenada; generadora de energía y basa su funcionamiento en la comunicación, como elemento que brinda estabilidad (Arboleda-Naranjo, 2017). Además, y de acuerdo con Kay (2019), la fundamentación de la corporación es que el valor creado va más allá de la suma de las partes y que los altos ejecutivos funcionan como actores fundamentales a la hora de determinar la distribución adecuada de ese valor entre las partes interesadas, enmarcadas en consideraciones de equidad y eficiencia.

El funcionamiento de los sistemas, sean estos organismos vivos, ecosistemas, economías y organizaciones, por mencionar algunos, guarda una relación con los nuevos paradigmas que se escinden del desarrollo sostenible, uno de ellos es la complejidad (Bermejo, 2011). Las empresas son sistemas y estas se han especializado paulatinamente, lo que conlleva a un proceso de complejidad (ver Figura 1); encontrando la relación implícita entre la innovación implementada y su crecimiento y rendimiento (Chong y Olesen, 2017; Krasnicka et al., 2018); eficiencia y flexibilidad en el marco de complejidad interna de la organización (Lukinaitė y Sondaitytė, 2017); grado de formalización de la empresa (Ganesh y Joseph, 2011; Russell y Smorodinskaya, 2017); esfuerzo invertido en planificación y resultado, en pro de mejorar la satisfacción del cliente (Larsen et al., 2018); y más allá, su papel para abordar problemas globalmente importantes y de complejidad, como lo son el hambre, el cambio climático, la deforestación, la reducción de biodiversidad y la pobreza, entre otros (Dentoni et al., 2018).

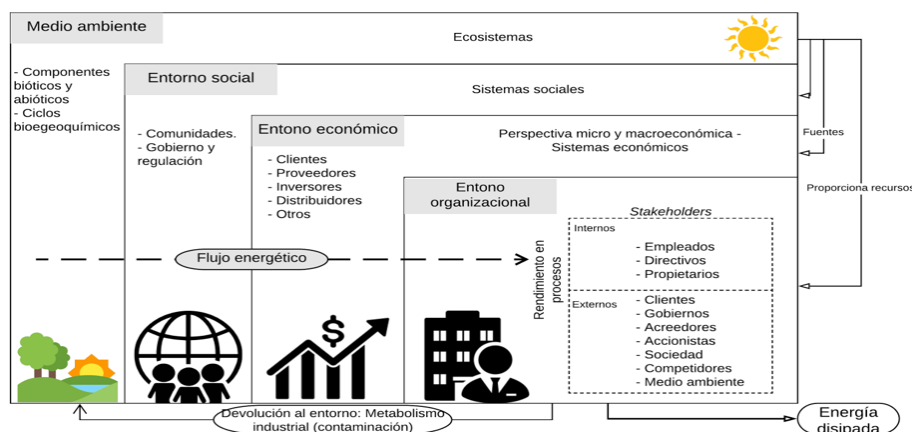


Figura 1

Relacionamiento entre sistemas

Fuente: elaboración propia.

A su vez y de manera holística, las organizaciones funcionan como sistemas no lineales, distantes de equilibrio, con mucha receptividad hacia la innovación; por lo cual, el comportamiento empresarial dificulta la predicción y un control a futuro (Bohórquez, 2013). Las tendencias lo muestran, por lo que actualmente se habla de organizaciones híbridas enfocadas hacia la sostenibilidad, al basar su gestión mediante un conjunto de lógicas institucionales, al reconocer y actuar con la necesidad

de tomar los problemas sociales y ecológicos de manera integrada, surgiendo conceptos como empresas sociales con enfoque ambiental, emprendimiento de sustentabilidad ecológica, corporaciones benéficas o negocios de triple resultado; una pluralidad de términos que también genera una dilución de unos rasgos definitorios, resultados e impactos concretos en un marco de sostenibilidad (Hestad et al., 2020).

Por añadidura, acorde con D'Amato et al. (2017), seis narrativas permiten describir la dimensión económica de la sostenibilidad: 1) la usualmente empleada en los negocios (priorizar el crecimiento económico, la sostenibilidad no se persigue de forma explícita, más bien por la conversión eficiente del capital natural); 2) desacoplamiento relativo (no se considera intercambiable el capital natural del creado por el hombre, los impactos ambientales negativos se dan por la eficiencia); 3) crecimiento verde (articulación mancomunada entre crecimiento económico y sostenibilidad ambiental, las soluciones se encuentran en el plano natural como, por ejemplo, la adaptación y la resiliencia); 4) límites al crecimiento (la limitación natural del planeta genera contracción del crecimiento económico); 5) desacoplamiento absoluto (no se considera intercambiable el capital natural del creado por el hombre, se da prioridad a la sostenibilidad ambiental por sobre el crecimiento económico); y, 6) frugalidad verde (implementación de soluciones basadas en la naturaleza, tales como la adaptación ecológica y la resiliencia).

La metáfora de la biología en el contexto económico y organizacional

El análisis organizacional puede ser propuesto desde gran cantidad de aristas. En este caso, la biología no es la excepción, la figura retórica de la metáfora ha sentado precedentes para crear lazos. Henry Fayol (muy reconocido mecanicista) establece una correlación entre la organización y el ser humano, como agentes dotados de órganos y funciones, guardando una funcionalidad propia que le atribuye independencia y otorga un carácter de dinamismo, al adaptarse al entorno (Pulgarín, 2013). Al comprender la organización como una estructura dinámica, se puede explicar su conducta y transformación que se gesta a partir de la adaptación a nuevos modelos organizacionales que conlleva a una mayor efectividad en metas y valor agregado; acá, se han empleado parangones con las ciencias bióticas para entender su accionar dentro de una dinámica de sistemas, de tal manera que se permita interpretar el comportamiento de las empresas y sus agentes dentro de otros campos del conocimiento (Cornejo, 2004; López et al., 2006).

En un comienzo, la teoría de la especialización propuesta por Adam Smith en *Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones* es multidireccional, ya que no solo debe ser concebida desde un enfoque de mejoramiento e incremento de la producción industrial, sino desde una visión más integra, tan así que el avance en las diversas disciplinas del conocimiento se toma como un hecho que se ha venido registrando paulatinamente, de igual forma que la

interacción entre saberes; tal es el caso de la bioeconomía, entendida como la producción, utilización y conservación de los recursos biológicos; incluyendo un conjunto de conocimientos derivados de la ciencia, la tecnología y la innovación, que proporcionen información, productos, procesos y servicios de todos los sectores económicos en aras de construir una economía sostenible; concepto comparable con economía verde o economía circular, y que involucra a un conjunto de actores siendo tres los fundamentales: universidades e instituciones de investigación, inversionistas especializados y empresas establecidas (Kuckertz et al., 2020).

La bioeconomía surge al reconocer los límites existentes entre la economía y la producción constante de entropía (concepto que se profundiza más adelante) en el planeta, como una expresión de índole contemporáneo que propende por dirimir entre las cuestiones socioeconómicas y ambientales; al adicionar el prefijo “bio” a la economía, busca unirla a la ecología y así generar un enfoque hacia el desarrollo sostenible (Vivien et al., 2019) con miras al estudio y entendimiento de la problemática del cambio climático, la crisis ambiental, la seguridad alimentaria y el agotamiento de recursos naturales; proponiendo a su vez aspectos como ecología industrial, optimización de cadenas de valor y entregando un mayor grado de importancia al cuidado de la biodiversidad (Henry et al., 2014).

La idea sobre mejorar el rendimiento real del flujo de materiales y energía en la economía basado en principios termodinámicos básicos, se da en particular en el lapso de las décadas de 1970 a 1990, en las que se realizó el cuestionamiento sobre si es posible desarrollar un modelo de recirculación completa, frente a una población en crecimiento y a un consumo de recursos per cápita en aumento, adhiriendo también a conceptos como el de “reciclaje”, narrativa centrada en un futuro deseable (Giampietro, 2019). Cabe destacar el papel del economista rumano Nicholas Georgescu-Roegen al generar un relacionamiento entre la historia del pensamiento económico y el entorno ambiental (economía ecológica), en medida del fenómeno del calentamiento global y la cabalgante escasez; la propuesta redefine la esfera económica, tanto su disciplina como su conjunto de prácticas, vinculando el componente biofísico (Lenfant, 2018), refiriéndose a cómo los organismos, de diversas clases, “ganan su vida” en la economía de la naturaleza, mediante interacciones cooperativas y elaboración progresiva de la división del trabajo, entendido como ese conjunto agregado de operaciones económicas al interior de una sociedad, que usa el valor de los bienes biológicos y procesos para beneficio del crecimiento y bienestar de ciudadanos y naciones (Iorgulescu et al., 2015).

Actualmente, los ciclos biogeoquímicos se han visto interferidos por el accionar humano generando deterioro del entorno; no obstante, es posible anticipar y desarrollar procesos de adaptación sobre una base de nuevas condiciones ambientales, a la vez que mitiga los impactos negativos mediante el uso de herramientas tecnológicas, instrumentos económicos (tales como impuestos, subsidios o regulaciones) y ciertas modificaciones

como elecciones y modos de vida de los consumidores; también, el uso de la alfabetización ambiental, campo en donde el enfoque de sistemas es de gran relevancia al contemplar a la sociedad como un sistema autopoyético completo, dotado de la capacidad de reproducir y mantener estructuras al compensar las pérdidas generadas por la segunda ley de la termodinámica e interrelacionando aspectos biofísicos y sociales (sistemas socioecológicos) que propenden por el estudio interdisciplinar y creando metáforas con conceptos como “resiliencia”, “ecosistema industrial” o “metabolismo” (Pauliuk y Hertwich, 2015).

Es así como varios enlaces de interacción aparecen, algunos comúnmente empleados al involucrar la teoría evolutiva con el emprendimiento, lo que ha permitido comprender la evolución de las empresas y su supervivencia en el tiempo; también, el uso de la ecología de poblaciones al concentrarse en la estructura y dinámica de las poblaciones; y la teoría de sistemas ecológicos al contemplar el entorno en el que se desenvuelve el espíritu empresarial. Analogías interesantes surgen por doquier, se encuentra la que emplea a las gacelas con las nuevas empresas de alto crecimiento, las primeras pueden correr en ráfagas de 100 kilómetros por hora, muy similar a las segundas, que pueden experimentar en corto tiempo un periodo de crecimiento muy alto; otra comparación muy conocida se establece con los ecosistemas (conformados por componentes bióticos y abióticos), en la que los organismos no pueden ser analizados fuera de su entorno, tal como sucede con las organizaciones empresariales, al no existir por sí mismas, sino como parte de redes; incluso, el concepto de semilla también se usa de manera amplia, la semilla es una planta embrionaria que se encuentra protegida por una cubierta exterior y puede permanecer inactiva por un largo periodo de tiempo hasta que encuentre las condiciones propicias para desarrollarse, algo muy similar con los mecanismos de financiación en una empresa en su fase inicial, por lo que se utiliza el término de “capital semilla”; y, para citar un último ejemplo entre tantos más, se encuentra el de tiburón, pez cartilaginoso, conocido como fuerte depredador y que se ubica en la parte superior de la cadena alimentaria, el concepto se asocia con los inversores o los denominados “tiburones corporativos”, de gran poder en el entorno empresarial (Fernhaber y Stark, 2019).

Los flujos energéticos en el Antropoceno

¿Es sostenible el progreso?, es una pregunta que una cuantía importante de personas se habrá hecho en algún momento de su existencia. De acuerdo con Pinker (2018), basado en una visión individual el planeta parecería ser infinito con poca trascendencia del impacto de nuestras actividades desarrolladas; pero desde la ciencia, la perspectiva resulta más inquietante con incremento en la preocupación a partir de la década de 1970 en que el activismo ecológico, basado en una ideología verde o “greenism” cobra relevancia, no obstante, con cierta misantropía. Por otra parte, surgen otras miradas alternativas a la protección ambiental en conceptos como el ecomodernismo, el ecopragmatismo, el optimismo

por la Tierra y el movimiento azul turquesa (también conocido como ecologismo ilustrado o ecologismo humanista). Considerando al primero, el ecomodernismo asiente que una parte de la contaminación generada es una consecuencia inherente a la segunda ley de la termodinámica, que se produce cuando las personas usan energía para llevar a cabo un conjunto de actividades incrementando la entropía que conduce a la producción de residuos, contaminación y otras alteraciones al orden; alteraciones observadas desde siempre, pues no se ha vivido en armonía con el entorno, tal es el ejemplo de los pueblos indígenas que al ingresar en un ecosistema cazaban a grandes animales hasta su extinción o quemaban y talaban varias extensiones de bosques.

Históricamente, y nuevamente en consonancia con lo esgrimido por Steven Pinker, actividades económicas como la agricultura incrementaron la disrupción, por ejemplo, la implementación de cultivos de arroz en Asia pudo haber liberado tal cantidad de metano como para modificar el clima. El movimiento ecomodernista sugiere que la industrialización ha sido positiva para la humanidad al alimentar a miles de millones de personas en la actualidad, duplicar la longevidad, reducir considerablemente la pobreza extrema y sustituir la fuerza muscular por maquinaria como medio de producción; sin embargo, continúa la disyuntiva entre bienestar humano y daño medioambiental, por lo que aparece el concepto de tecnología que actúa como mecanismo de mediación, promocionando la idea de disfrutar de más calorías, lúmenes, kilovatios, bits, o millas con menor contaminación, comprendido, por ejemplo, con herramientas como la curva de Kuznets medioambiental, cuya prioridad inicial apuesta por el crecimiento pero luego se enfoca en el mejoramiento ambiental. Esto se puede constatar con lo aseverado por Goklany (2002) quien menciona sobre mejoras en términos medioambientales una vez surgen nuevas tecnologías y lo relaciona mediante un parangón: de conservar la misma tecnología de 1900, los estadounidenses producirían el triple de emisiones de dióxido de carbono de lo generado en la actualidad.

Es claro que se observa un incremento en el bienestar por parte de los seres humanos, empero, no deja de existir un costo de transformación extensa y rápida de los ecosistemas, por lo que a este periodo se le ha denominado Antropoceno, en el que priman los procesos generados por el hombre y la existencia de ciertas limitantes ecológicas para su actividad; importantes para la reproducción de estructuras, funciones sociales y procesos ecológicos. Un enfoque metodológico diseñado por E. P. Odum y H. T. Odum propició el análisis cuantitativo de la noción de ecosistema, lo que posibilita la contabilidad biofísica de flujos de energía desde la perspectiva de redes denominadas cadenas de energía, que en últimas son las que definen la relación entre los componentes del sistema (flujos de energía), y como se observa en la Figura 2, el nivel (n+1) se basa en procesos que se encuentran más allá del control directo humano (así se afecten con su acción). A una escala mayor se encuentra (n+2), donde hay dependencia por una combinación de procesos naturales de autoorganización impulsados

con los principios de las leyes termodinámicas y caracterizados por ser sistemas autopoyéticos. Singularmente, se observa una situación similar al interior del metabolismo social (n-1) y (n-2); donde los procesos requieren viabilidad socioeconómica y deseabilidad social, aunado de una preexistencia de condiciones ambientales favorables (disposición y estabilidad de recursos naturales); (n) responde al contenido de biomasa total del sistema. Los requerimientos energéticos y de materiales (directos o incorporados), mediante un diagrama de flujos, permiten calcular las interacciones sociedad-medio ambiente, y ser utilizadas para el estudio del efecto de cambios en la sociedad y en el metabolismo del ecosistema, sea este real o hipotético (Lomas y Giampietro, 2017).

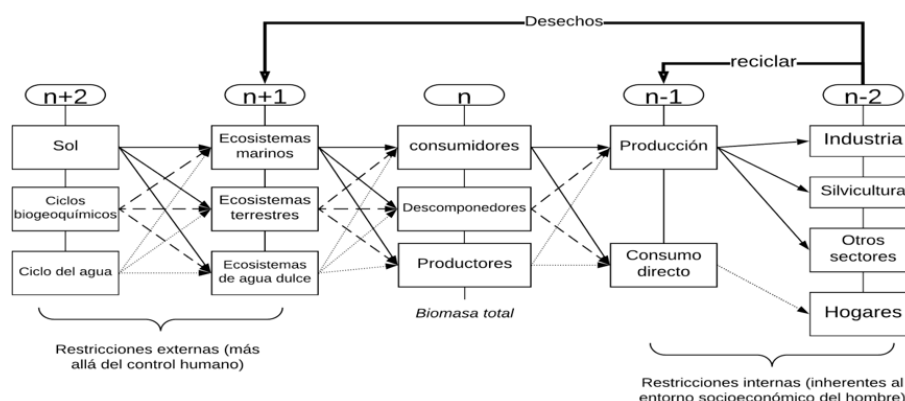


Figura 2

Representación jerárquica del ecosistema y niveles sociales asociados a producción y consumo de biomasa

Fuente: elaboración propia, con información obtenida de Lomas y Giampietro (2017).

En un inicio, la termodinámica se centra en el estudio del calor, sin embargo, ha trasegado hacia la interconversión de todos los tipos de energía mediante un cúmulo de experimentos y experiencias, que llevan a afirmar que la energía interna de un sistema aislado es constante y la entropía de un sistema en equilibrio no puede disminuir de manera espontánea. El concepto de entropía no es sencillo, es un concepto usado en muchos campos del conocimiento, pero muchas veces sin una definición muy certera (Tame, 2019). Procesos espontáneos aumentan la entropía; la aplicación de la segunda ley de la termodinámica se debe a que la economía tiene un dilema entrópico de largo plazo, donde la actividad económica acelera el ritmo al que la Tierra se acerca al estado prohibitivo del equilibrio termodinámico (Lomas y Giampietro, 2017). Por ende, el estudio de flujos de fondo para analizar el entorno económico visualiza agentes transformadores que se mantienen dentro del proceso (empresa, industria); factores de producción: tierra (ricardiana), capital y trabajo, que son garantes del flujo del proceso, donde se observan entradas con salidas diferentes; del mismo modo, se aplica para consumo y distribución, flujos que son necesarios para mantener la identidad de un sistema socioeconómico, e involucra la sumatoria de las actividades humanas (actividades culturales, dormir, trabajo doméstico, ocio, entre muchas más) y, en el caso de la Tierra, regeneración ecológica y uso recreativo (Scheidel, 2013).

Se crea un puente, dados los límites del crecimiento de la Tierra, y aparece de un modo más específico la conexión entre la economía y la termodinámica; de cómo la producción interactúa con las teorías físicas. Las funciones de producción se enfocan en categorías definidas como mano de obra, tierra, insumos producidos y similares; no obstante, adhiere la transformación (de materia), y el enfoque de gasto energético en las actividades productivas (generación de energía eléctrica, por ejemplo); no con la premisa de la destrucción de energía (ley de conservación). La perspectiva de la termodinámica es la mejor organización de la energía y materia disponible, en productos que sean útiles a los humanos; sin embargo, dicha producción eleva la entropía, lo que reduce la disponibilidad energética al interior de un sistema cerrado, como es el caso de un planeta; en ese orden de ideas, el límite entrópico se observa con la cuantiosa reducción de recursos escasos y de energía (Fontini, 2009; Foley, 2015).

Acercamiento a la segunda ley de la termodinámica y la entropía

Utilizando un ejemplo se hará una aproximación a la segunda ley de la termodinámica. Suponga que tiene una taza de café caliente. Inicialmente no se puede explicar, mediante el principio de conservación de la energía, ¿por qué esta taza se enfría hasta la temperatura de la habitación en que se encuentra, pero una que se encuentre a temperatura ambiente no se calienta de manera espontánea? En el proceso de enfriamiento de la taza de café se generará un incremento en la temperatura de la habitación al liberarse energía, reduciendo así la temperatura del café, redistribuyendo la temperatura en el entorno, sin embargo la modificación de temperatura es muy leve dado el tamaño de la habitación, es decir, la taza tenía bastante energía con relación a su tamaño, pero el área circundante no (distribución inicial inequitativa); conforme se daba el proceso natural de enfriamiento, la distribución de energía fue más equitativa. La energía tiende a difundirse de ciertas maneras con propensión a la equidad y que va más allá de la primera ley de la termodinámica (energía interna y conservación); para ello, Rudolf Clausius declaró en 1854 que “el calor no se puede propagar de un cuerpo frío a uno más cálido”, el calor guarda una tendencia a igualar diferencias existentes de temperatura, declaración desde el mundo físico que promueve la equidad y deriva con la segunda ley de la termodinámica (Leff, 2021).

Con relación a lo anterior y conforme con Sherman (2018), el calor fluye a través de un diferencial de temperatura, y este genera expansión gracias al movimiento de micropartículas; Clausius partió de la premisa de que una parte del calor se convierte en trabajo, que no hay un valor constante y que es menos eficaz cuando pasa por un diferencial de temperatura de alta a baja, dividiendo el calor en función de la temperatura lo que establece un valor de equivalencia, que al ser multiplicado representará la mayor cantidad de trabajo que se puede obtener, y se formula mediante $w=(q/T_1)(T_1-T_2)=q(T_1-T_2)/T_1$, en

donde q/T_1 es el valor de equivalencia del calor a la temperatura T_1 y w es el mayor trabajo que se puede obtener del calor q , en ese orden de ideas, cuando una cantidad de calor se mueve de una temperatura a otra se produce una transformación, ya que el valor de equivalencia de calor ha cambiado.

La segunda ley de la termodinámica y la entropía se debe originalmente a Rudolf Clausius y a Sadi Carnot, y se fundamenta en cinco observaciones básicas: 1) un sistema cerrado solo puede ser manipulado por transferencia de calor y trabajo; 2) con el tiempo, un sistema termodinámico aislado se aproxima a un estado de equilibrio único y estable; 3) en un estado de equilibrio estable, la temperatura de un sistema sin restricciones térmicas es uniforme; 4) la transferencia de trabajo no está restringida en la dirección, pero algo de trabajo se puede perder por la fricción; y, 5) el calor siempre pasará de caliente a frío por sí mismo, pero no así en el sentido contrario. Aunado al equilibrio termodinámico conduce así a la segunda ley para los sistemas cerrados: $\Delta S = Q_k/T_k$, donde S es la entropía del sistema, Q_k es la transferencia de energía por calor sobre el límite del sistema a una temperatura termodinámica positiva T_k , y S_{gen} es la tasa de generación no negativa de la entropía dentro del sistema, la cual se desvanece en equilibrio; un sistema cerrado se puede manipular por intercambio de trabajo y calor en su entorno, podrá sufrir de desequilibrio hasta llegar a un estado de desequilibrio final; si el sistema no es manipulado (donde no hay calor ni intercambio de trabajo entre él y sus alrededores) se habla de un sistema aislado, el estado final describe el sistema y debe escalarse con el tamaño del sistema (entropía de propiedad extensiva o S), expresándose como $dS/dt = \#_{gen} \geq 0$, $\#_{gen}$ es la tasa de generación de entropía, la cual crece con el tiempo hasta que alcanza un equilibrio estable, la generación de entropía no nula mostrará un proceso irreversible hacia el equilibrio. No obstante, en sistemas no aislados, que tienen contacto con el entorno, presentan intercambios entrópicos: $dS/dt = \Gamma + \#_{gen} \geq 0$, donde Γ es la tasa de transferencia de entropía, dS/dt muestra el cambio de entropía en el tiempo que se debe al transporte de entropía a través del límite del sistema (Γ), y a la generación de entropía dentro de los límites del sistema (S_{gen}).

Pero en un sistema abierto (como los entornos organizacionales), los estados por lo general no son homogéneos, al desplazarse sobre el sistema cambian constantemente, un estado no homogéneo no está en equilibrio y el desequilibrio se mantiene por el intercambio de masa, calor y trabajo con el entorno; la ley de conservación de masa m afirma que aumenta con su ingreso y disminuye con su salida ($m' = \rho V' A$, en donde ρ y V' son promedios de densidad de masa sobre la sección A de límites de entrada y salida); la tasa de cambio de masa es debida al diferencial neto de flujos de masa entrantes y salientes en el sistema $dm/dt = \sum_{in} \#_i - \sum_{out} \#_e$, acá los índices i, e muestran los flujos en el límite del sistema, sus valores medios en las entradas y salidas, respectivamente; la energía total E cambia en el sistema abierto por el intercambio de calor y trabajo, traducido en transporte de energía convectiva E' que se transporta hacia adentro o hacia afuera del sistema $E' = \#e = \#(u + V^2/2 + gn^z)$, al hablar de masa no se puede perder de

vista el concepto de aceleración gravitatoria de la Tierra ($gn=9.81 \text{ m/s}^2$) y . como centro de masa del sistema a una altura de referencia.

Se requiere una potencia para empujar la masa por encima del límite del sistema $\dot{m}_{flow} = -(\rho a)V = -p/\rho \dot{m}$, el trabajo W_{flow} debería ser negativo cuando la masa ingresa y positivo al salir del sistema y se realiza la sumatoria de todos los flujos que cruzan el sistema y sin dejar de lado la entalpía $h=u+p/\rho$, el balance energético para un sistema abierto queda: $dE/dt = \sum_{in} \dot{m}_i (h + V^2/2 + gn^z)_i - \sum_{out} \dot{m}_e (h + V^2/2 + gn^z)_e$, lo que indica que la energía E al interior del sistema cambia con los ingresos y las salidas, al igual que por transferencia de calor y trabajo que mueve masa a través de los límites; sumado a ello, varias contribuciones al trabajo y a la transferencia de calor, siendo esta $\dot{m} = \sum_j \dot{m}_j$ y $Q = \sum_k Q_k$. Toda masa que ingresa o sale del sistema carga entropía (un flujo de entropía asociado a un flujo de masa se sintetiza en $\dot{m} = \dot{m} \dot{s}$, siendo s una media específica de entrada y salida de entropía) y añadiendo términos apropiados para entrada y salida de la segunda ley en los sistemas cerrados se obtiene la segunda ley, el balance de la entropía en los sistemas abiertos: $dS/dt = \sum_{in} \dot{m}_i s_i - \sum_{out} \dot{m}_e s_e + \sum_k Q_k/T_k + \dot{S}_{gen}$, en donde la entropía S cambia a la entrada y salida del sistema, al igual que a la transferencia de entropía causada por la transferencia de calor Q_k/T_k y a la generación de entropía ocasionada por procesos irreversibles dentro del sistema ($S_{gen} \geq 0$), aunque si los procesos dentro del sistema son reversibles, la generación de entropía se desvanece ($S_{gen} = 0$), sin olvidar que Q_k es el calor que cruza el límite del sistema y la temperatura límite es T_k (Struchtrup, 2020).

La complejidad de los sistemas es bastante notoria, en relación con lo afirmado por Melnik y Usatenko (2018), el mundo es complejo, caótico y correlacionado y las manifestaciones son múltiples, aunque las más peculiares son la comunicación humana y animal, secuencias de ADN y proteínas, flujos de datos y redes informáticas, índices bursátiles y clima, entre otras; esas interacciones de largo alcance hacen que sean epicentro de estudio en los últimos años. Para describir sistemas dinámicos complejos existen diversos métodos (por ejemplo, dimensiones fractales o funciones de correlación), aunque una muy conveniente y poderosa para el estudio de dinámicas complejas resulta ser la entropía, y como modelo plausible, el uso de las cadenas de Markov. Algoritmo propuesto por el matemático ruso Andrei Markov y aplicable a múltiples procesos, por ejemplo, en escenarios de evolución donde el sistema puede permanecer igual o experimentar un cambio mediante una transición a otro (expresado mediante probabilidades de transición); de acuerdo con Agbinya (2020) y Steiner y Tuljapurkar (2020), la propiedad del proceso es que el futuro y el pasado son independientes de conocerse el estado actual, el cual es esencial.

Bajo esa línea, y en consonancia con lo esgrimido por Agbinya (2020), existen estados X_n discretos en el momento n , para el momento $n+1$, el proceso depende únicamente del estado en que se encontraba en ese momento n . Como parangón, tomar la propagación del virus del Ébola; X_n se tomará como el número de personas que tienen el virus en el

momento n , y el número de los que tienen el virus en el momento $n+1$ es $X_{(n+1)}$, lo que trae a colación que el número de personas infectadas en el momento $n+1$ depende de las que fueron infectadas en el momento n (formulado como $X_{(n+1)} \# X_n$, siendo $\#$ "depende solo de"). Puede aproximarse al entorno organizacional con relación a una gestión de la cadena de suministro, enmarcada en la gestión de corrientes de material, de información y de capital, basada en la relación de cooperación entre empresas a lo largo de la cadena de suministro contemplando las aristas clásicas (social, ambiental y económica), tenidas en cuenta por requisitos de los clientes, y en general, por la partes interesadas (gran símil se podrá encontrar en la Figura 2); importante considerar el cambio de la cultura organizativa, la transparencia y el riesgo con miras a la efectividad (Giannakis et al., 2020).

Según Fistola et al. (2020), la entropía representa el precio a pagar por la evolución, y no solo es referida netamente al concepto energético, sino que también contempla y le da un rol de importancia a la organización de un sistema; acá, la degradación energética propicia una desorganización, por lo que su estudio resulta atractivo en el análisis de sistemas complejos. En el caso de sistemas sociales, por ejemplo, en los sistemas urbanos se producen efectos negativos, promovidos por un mal uso de los recursos disponibles; la entropía puede ser interpretada como un nivel de resiliencia de un sistema social a eventos internos o externos; y puede ser asumida como la propiedad subjetiva de un sistema que se vincula a la cantidad de información disponible para el propio sistema. Ahora bien, en termodinámica la entropía representa una medida de desorden en un sistema con cantidades iguales de energía y que se tiende a mover hacia el estado de desorden máximo (por lo que a un mayor grado de desorden corresponde un aumento de entropía).

La bioeconomía como puente entre ciencias naturales y sociales

Retornando a la perspectiva de Georgescu-Roegen, los arquitectos de la economía querían enmarcarla dentro de los parámetros de la mecánica; como es sabido en física, la mecánica conoce únicamente de locomoción, que es reversible y no contempla muchos cambios (casuística desde la naturaleza que es observar la fenomenología irreversible). Priorizar el flujo circular de ingresos sobre otros aspectos, es equivalente a aceptar que el dinero en una economía solo se limita a pasar de mano en mano sin tener presente ningún cambio cualitativo, aparte del elemental desgaste de los billetes; en otros términos, un proceso dotado únicamente de sistema circulatorio, pero sin tracto digestivo. Según Georgescu-Roegen, la economía en esencia es una ciencia social y su proceso no puede ser entendido al margen de un contexto social e institucional (Gowdy, 2005); critica a la epistemología mecanicista de lo convencional en las ciencias económicas (Farrell y Mayumi, 2009) y adopta la epistemología desde la entropía, con los tintes característicos de la premisa evolutiva (Cojanu, 2009).

Algunas posturas indican que la actividad económica se centra netamente en producir y consumir; transformar los recursos en bruto, en artefactos y más adelante, en basura (proceso que requiere de energía, sin posibilidad en gran medida de ser reciclado); escenario que debe contemplarse desde la termodinámica y no de la mecánica, con el agravante de la alta generación de entropía (Cavalcanti, 2010; Schepper-Valiquette, 2014). Para comprender la diferencia de paradigmas, en la Figura 3 se presenta un contraste con la postura del economista francés León Walras, quien se apoya en teoremas de la optimalidad de Pareto (maximización de la utilidad sujeta a la restricción presupuestal y maximización de beneficios sujeta a costos) (Gowdy, 2005). La crítica de Georgescu-Roegen se amplía al sistema económico dominante por el abordaje insuficiente de los inconvenientes evidenciados de gestión en procesos de producción (Berthet et al., 2016).

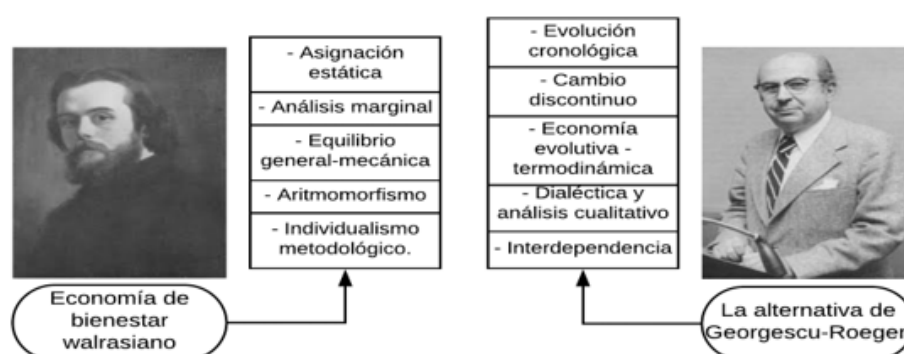


Figura 3
 Bienestar walrasiano y la alternativa de GeorgescuRoegen
 Fuente: elaboración propia, con información obtenida de Gowdy (2005).

El contexto ambiental debe ser considerado de manera más amplia en el universo económico, no como un elemento externo, contabilizado como un fallo de mercado o una externalidad; se puede dar una mayor prioridad al internalizar esa externalidad. En medida de lo anterior, existe ya una larga tradición desde el pensamiento científico, que busca alternancia al reduccionismo propuesto por los economistas sobre el medio ambiente. Se puede observar en la Figura 4 una lista de varias personalidades que, desde diferentes campos del conocimiento, establecen los canales comunicantes entre ámbitos naturales y ámbitos económicos (Kerschner, 2010).

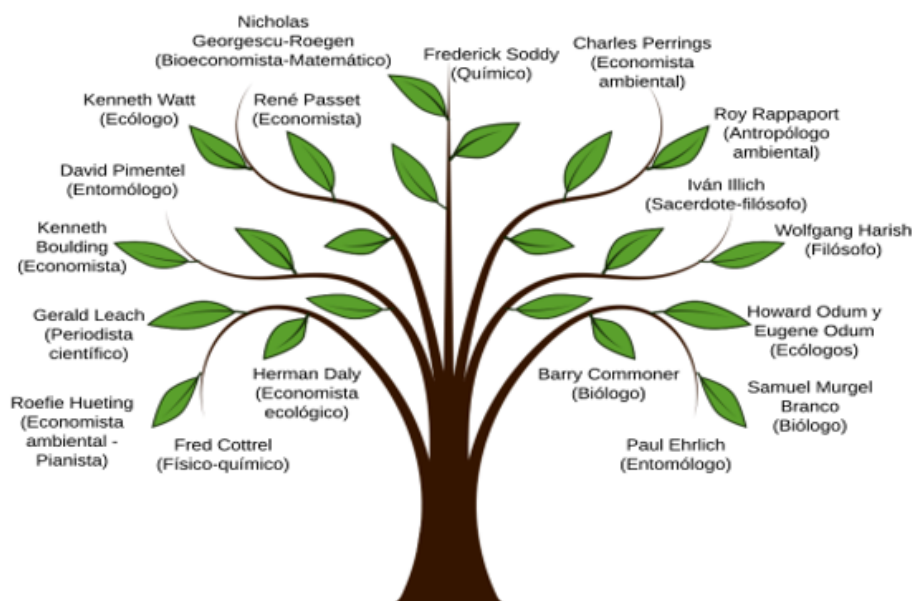


Figura 4
Bienestar walrasiano y la alternativa de GeorgescuRoegen
Fuente: elaboración propia.

Al guardar implicaciones económicas los análisis de flujos, *stocks* de materia y energía, se establece un puente con la ecología; acá, la teoría general de sistemas y las leyes de la termodinámica crean la conexión que aglutina estos dos campos basados en la observación de fenómenos biofísicos (Franco, 2018); teoría inicialmente propuesta por Ludwig von Bertalanffy, y su extensión “la sociodinámica” desarrollada por Wolfgang Weidlich, buscan hacer hincapié en los actores de interés que se determinen dentro de un sistema social, que toman ciertas características y variables; que mediante un análisis se permita su entendimiento (Candas et al., 2019). Es así como la teoría de sistemas se contempla como un conjunto de procesos, donde el acoplamiento afronta las exigencias del entorno; la entropía es constante si y solo si el sistema se encuentra en completo aislamiento (sistema cerrado), ya que, si este se abre, la energía sale y se disipa, impidiendo el regreso al punto de origen, por ello se considera que los sistemas son vivos y termodinámicos (Rivas, 2006).

Las organizaciones (empresas) son componentes fundamentales dentro de la infraestructura económica, son agentes vivos al poseer entradas y salidas; son sistemas dinámicos que se encuentran en constante evolución y se orientan hacia niveles de mayor complejidad; comprender la organización al interior de sus componentes dinámicos explica su conducta, y entendiendo ese comportamiento se reduce en cierta medida la incertidumbre, evitando que la entropía los destruya lentamente, debido a que esta crece con el tiempo (Cornejo, 2004). Para las organizaciones, el modelo de producción sostenible es un campo de estudio reciente, la aplicación de prácticas sostenibles a nivel organizacional es hoy en día un aspecto neurálgico; es importante aseverar que cada espacio geográfico responde, no siempre, a los mismos métodos. Un ejemplo interesante parte del estudio de Aboelmaged (2018), en

el que se propone el impacto de seis conductores (infraestructura tecnológica, competencia tecnológica, presión ambiental, regulación ambiental, apoyo desde la gerencia y compromiso de los empleados, como agentes clave dentro de unas prácticas productivas sostenibles, mirando el impacto de estas en cuatro capacidades competitivas (costo, calidad, entrega y flexibilidad), en pymes egipcias, tal como se puede ver en la Figura 5. Son marcos de referencia para impulsar prácticas productivas sostenibles, mejorando el desempeño competitivo de las empresas, no solo patrocinando la responsabilidad ambiental, sino también alentando el compromiso de puesta en escena de programas de desarrollo sostenible; promoviendo la ilación de componentes estratégicos y adicionando valor sostenible.

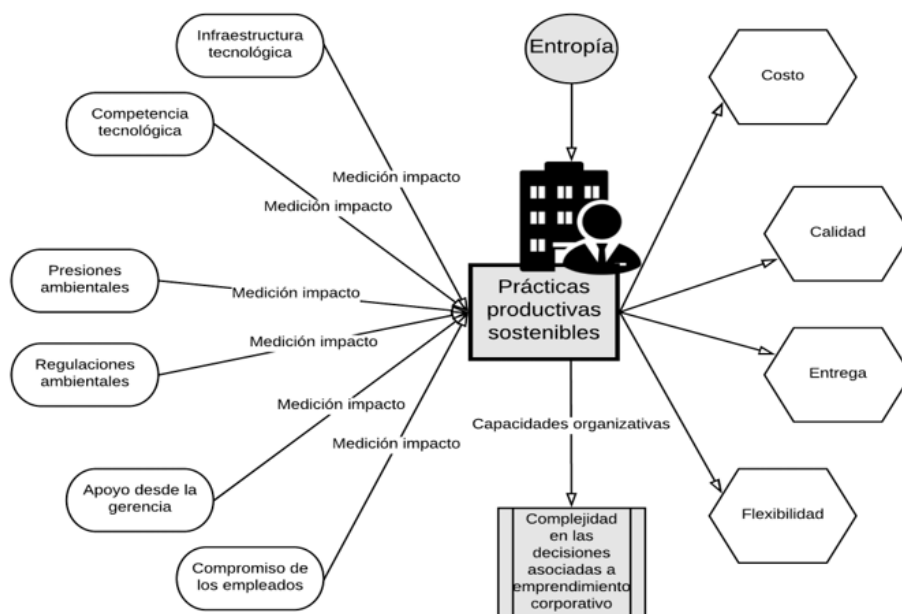


Figura 5

Ejemplo de marco de referencia para impulsar prácticas productivas sostenibles

Fuente: elaboración propia, adaptada de Ceptureanu et al. (2017) y Aboelmaged (2018).

Adhiriendo al concepto de entropía, existe sincronía con la incertidumbre y, de acuerdo con Ceptureanu et al. (2017), las organizaciones mantienen relación entre capacidades organizativas y respuestas de emprendimiento corporativo; cuando la capacidad organizacional es leve, afecta directamente la confianza e incrementa los índices de incertidumbre, en tanto, una relación fuerte incrementa el nivel de confianza. El efecto entrópico varía con las situaciones, como, por ejemplo, se crean nexos dentro del espíritu empresarial al variar capacidades organizativas (generación de condiciones límite y contingencias); sin embargo, se sugiere profundizar la correspondencia entre entropía, gestión organizacional y rendimiento, que aún se encuentran en estado embrionario.

Conclusiones

La orientación hacia un crecimiento económico sostenible, basado en la innovación, necesita de manera imperativa un marco sólido en el que se canalicen recursos financieros, conocimiento y talento para un emprendimiento productivo (Heinzel, 2013; Scheidel, 2013). De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica (y entropía como magnitud termodinámica), establece que la energía se conserva en el transcurso del tiempo, pero sufre una irrevocable degradación cualitativa, y al disiparse incrementa la entropía; de tal manera que, si el proceso económico es entrópico, en cierta medida, el crecimiento económico se debe frenar, en aras de detener el desperdicio de energía que resulta innecesario y puede ser preservado para generaciones futuras (Levallois, 2010). Pero también es necesario crear un enfoque hacia formas factibles de prevenir los daños ocasionados, ya que, como lo menciona Pinker (2018), actualmente se dispone de medios para dar contestación a esa problemática, y se puede solucionar utilizando las herramientas contempladas en la modernidad, tales como la prosperidad social, mercados sabiamente regulados, gobernanza internacional e inversiones en ciencia y tecnología.

Los cambios se presentan a un mayor ritmo en los últimos años; desde varias percepciones la crisis ambiental se manifiesta y afecta a plantas, animales y a seres humanos; la biodiversidad nunca había sido tan vulnerable (Harribey, 2007; Foster, 2011). De aquí que una visión ecológica proponga reducir en una escala equitativa la producción y el consumo pero sin reducir el bienestar humano, mejorando las condiciones ecológicas en un plano local y global a corto y largo plazo (Martínez-Alier et al., 2010); teniendo presente que una variedad de problemas económicos surge cuando la calidad medioambiental se ve afectada con daños al ecosistema, agotamiento de los recursos y la extinción de especies (Smulders, 1995). Pero también resulta importante destacar la visión que comparte Norberg (2016), al señalar que los peores problemas ambientales no son provenientes de la tecnología y la abundancia, sino de su carencia (muy notorio en países de bajos ingresos); por lo que, en ausencia de electricidad o gas, sus habitantes propenden por quemar leña, estiércol y carbón (incrementando así la entropía). Ejemplos de avances que reducen el impacto al medio ambiente son varios, tal es el caso de compañías que trabajan en una nueva generación de biocombustibles, diseñados a partir de algas que pueden crecer con facilidad, utilizan agua de mar en vez de agua dulce y son capaces de producir mucha más energía. Otros tantos científicos trabajan en fotosíntesis artificial, y otros investigan la forma de eliminar el CO₂ del aire (proceso que es bastante caro, pero gracias a la mejora tecnológica se puede contribuir de esta forma a revertir el calentamiento global), entre muchos más escenarios donde el conocimiento puede contestar a problemas que se presentan en este y en otros campos.

De igual forma, el estudio interdisciplinario acerca varias posturas y facilita el análisis de los fenómenos. Esfuerzos que se han venido

diversificando desde la segunda mitad del siglo XX, vivo ejemplo es la bioeconomía que se presenta como respuesta a los avances de disciplinas de la economía ambiental (economía de recursos naturales y economía ecológica, entre otras); e investigar la problemática que es manifiesta del impacto de la empresa humana con el medio ambiente (Mohammadian, 2005). La bioeconomía acoge diversas actividades que son intrínsecas a las cadenas de valor, caso de los proveedores, distribuidores y productores (Hasenheit et al., 2016); sean públicas o privadas, denotan invasión al ambiente biótico, a los ecosistemas, causando múltiples daños. Gran número de empresas han empezado a dar una mayor importancia con toma de conciencia y cuidado al medio ambiente, mitigando el impacto de sus actividades y, por tal motivo, reduciendo la entropía, los tomadores de decisiones ofrecen incentivos para conducir esta gestión; un modelo bioeconómico es viable si las empresas invierten en estrategias de gestión (Epanchin-Niell, 2017). El papel de las empresas es fundamental, la toma de decisiones acertadas es un imperativo; al fin y al cabo, pertenecen a un sistema, y como pueden verse beneficiadas, también pueden terminar afectadas.

Referencias

- Aboelmaged, M. (2018). The drivers of sustainable manufacturing practices in Egyptian SMES and their impact on competitive capabilities: A PLS-SEM model. *Journal of Cleaner Production*, 175, 207-221. Doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.053.
- Agbinya, J. I. (2020). Markov Chain and its Applications. In J. I. Agbinya, *Applied Data Analytics: Principles and Applications* (p. 300). River Publishers.
- Arboleda-Naranjo, R. (2017). Estructuras disipativas en la comunicación y el comportamiento organizacional. *Razón y Palabra*, 21(2), 498-521. <https://www.revistarazonypalabra.org/index.php/ryp/article/view/891>.
- Bermejo, R. (2011). *Manual para una economía sostenible*. Catarata.
- Berthet, E. T., Segrestin, B. y Hickey, G. M. (2016). Considering agro-ecosystems as ecological funds for collective design: New perspectives for environmental policy. *Environmental Science & Policy*, 61, 108-115. Doi: 10.1016/j.envsci.2016.04.005.
- Bohórquez, L. E. (2013). La organización empresarial como sistema adaptativo complejo. *Estudios Gerenciales*, 29(127), 258-265. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232013000200015&script=sci_abstract&tlng=es.
- Camarena, J. L. (2016). La organización como sistema: el modelo organizacional contemporáneo. *Oikos Polis, Revista Latinoamericana de Ciencias Económicas y Sociales*, 1(1), 135-174. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2415-22502016000100005&script=sci_abstract.
- Candas, S., Siala, K. y Hamacher, T. (2019). Sociodynamic modeling of small-scale PV adoption and insights on future expansion without feed-in tariffs. *Energy Policy*, 125, 521-536. Doi: 10.1016/j.enpol.2018.10.029.

- Castaldo, M. (2012). *Economy of degrowth and localization: theories and perspectives*. Università Ca' Foscari Venezia. <http://hdl.handle.net/10579/1969>.
- Cavalcanti, C. (2010). Conceptions of Ecological Economics: its Relationship with Mainstream and Environmental Economics. *Estudos Avançados*, 24(68), 53-67.
- Ceptureanu, E. G., Ceptureanu, S. I. y Popescu, D. I. (2017). Relationship between Entropy, Corporate Entrepreneurship and Organizational Capabilities in Romanian Medium Sized Enterprises. *Entropy*, 19(8), 2-17. Doi: 10.3390/e19080412.
- Charonis, G. K. (2012). *Degrowth, steady state economics and the circular economy: three distinct yet increasingly converging alternative discourses to economic growth for achieving environmental sustainability and social equity*. Sustainability - Missing points in the development dialogue (pp. 1-18). Bristol.
- Chong, J. L. y Olesen, K. (2017). A Technology-Organization-Environment Perspective on Eco-effectiveness: A Meta-analysis. *Australasian Journal of Information Systems*, 21, 1-26. Doi: 10.3127/ajis.v21i0.1441.
- Cojanu, V. (2009). Georgescu-Roegen's entropic model: a methodological appraisal. *Emerald publishing*, 36(3), 274-286. Doi: 10.1108/03068290910932756.
- Cornejo, A. (2004). Capítulo 2: Complejidad Organizacional. In A. Cornejo, *Complejidad y caos. Guía para la administración del siglo XXI*.
- D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähtinen, K., Korhonen, J., et al. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 716-734. Doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.053.
- Dentoni, D., Bitzer, V. y Schouten, G. (2018). Harnessing Wicked Problems in Multi-stakeholder Partnerships. *Journal of Business Ethics*, 150, 333-356. Doi: 10.1007/s10551-018-3858-6.
- Epanchin-Niell, R. S. (2017). Economics of invasive species policy and management. *Biol Invasions*, 19, 3333-3354. Doi: 10.1007/s10530-017-1406-4.
- Farrell, K. N. y Mayumi, K. (2009). Time horizons and electricity futures: An application of Nicholas Georgescu-Roegen's general theory of economic production. *Energy*, 34(3), 301-307. Doi: 10.1016/j.energy.2008.07.002.
- Fernhaber, S. A. y Stark, A. Y. (2019). Biomimicry: New insights for entrepreneurship scholarship. *Journal of Business Venturing Insights*, 12, e00137. Doi: 10.1016/j.jbvi.2019.e00137.
- Fistola, R., Gargiulo, C. y La Roca, C. A. (2020). Rethinking vulnerability in city-systems: A methodological proposal to assess "urban entropy". *Environmental Impact Assessment Review*, 85. Doi: 10.1016/j.eiar.2020.106464.
- Foley, D. K. (2015). Dilemmas of Economic Growth. *Eastern Economic Journal*, 38(3), 283-295.
- Fontini, F. (2009). Probability and uncertainty: The legacy of georgescu-roegen. *Metroeconomica*, 60(2), 324-342.
- Foster, J. (2011). Capitalism and Degrowth: An Impossibility Theorem. *Monthly review*, 62(8), 26-33. Doi: 10.14452/MR-062-08-2011-01_2.

- Franco, M. (2018). Searching for a Scientific Paradigm in Ecological Economics: The History of Ecological Economic Thought, 1880s–1930s. *Ecological Economics*, 153, 195-203. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2018.07.022.
- Ganesh, S. S. y Joseph, J. (2011). Exploring perceived organisational formalisation and performance review system complexity as predictors of executive alienation in performance review systems. *IIMB Management Review*, 23(4), 197-207. Doi: 10.1016/j.iimb.2011.07.001.
- Gheorghică, A. E. (2012). The Emergence of la Decroissance. *Ces Working Papers*, 47, 60-72. <https://ideas.repec.org/a/jes/wpaper/y2012v4i1p60-75.html>.
- Giampietro, M. (2019). On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. *Ecological Economics*, 162, 143-156. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.05.001.
- Giannakis, M., Dubey, R., Vlachos, I. y Ju, Y. (2020). Supplier sustainability performance evaluation using the analytic network process. *Journal of Cleaner Production*, 247. Doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119439.
- Goklany, I. M. (2002). The Globalization of Human Well-Being. *Policy Analysis*, (447), 1-20. <https://www.cato.org/publications/policy-analysis/globalization-human-wellbeing>.
- Gowdy, J. (2005). The death of homo economicus: is there life after welfare economics? *Emerald Publishing*, 32(11), 924-938. Doi: 10.1108/03068290510623771.
- Haapanen, L. y Tapio, P. (2016). Economic growth as phenomenon, institution and ideology: a qualitative content analysis of the 21st century growth critique. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3492-3503. Doi: 10.1016/j.jclepro.2015.10.024.
- Harribey, J. M. (2007). Les théories de la décroissance: enjeux et limites. *Cahiers français*, «Développement et environnement», (337), 20-26.
- Hasenheit, M., Gerdes, H., Kiresiewa, Z. y Beekman, V. (2016). *Summary report on the social, economic and environmental impacts of the bioeconomy*. Biostep, 2-29.
- Heinzel, C. (2013). Schumpeter and Georgescu-Roegen on the foundations of an evolutionary analysis. *Cambridge Journal of Economics*, 37(2), 251-271. Doi: 10.1093/cje/bes060.
- Henry, G., Pahun, J. y Trigo, E. (2014). La Bioeconomía en América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación. *FACES*, 20(42-43), 125-141. <http://nulan.mdp.edu.ar/2112/>.
- Hestad, D., Tåbara, J. D. y Thornton, T. F. (2020). The three logics of sustainability-oriented hybrid organisations: a multi-disciplinary review. *Sustainability Science*, 16. Doi: 10.1007/s11625-020-00883-x.
- Iorgulescu, R. I., Polimeni, J. M. y Balan, M. (2015). Bioeconomic sustainability and modelling energy systems. *Progress in Industrial Ecology – An International Journal*, 9(1), 46-59. Doi: 10.1504/PIE.2015.069840.
- Karakaya, E. y Nuur, E. K. (2018). Social sciences and the mining sector: Some insights into recent research trends. *Resources Policy*, 58, 257-267. Doi: 10.1016/j.resourpol.2018.05.014.
- Kay, J. (2019). The concept of the corporation. *Business History*, 61(7), 1129-1143. Doi: 10.1080/00076791.2018.1509956.

- Kerschner, C. (2010). Economic de-growth vs. steady-state economy. *Journal of Cleaner Production*, 18(6), 544-551. Doi: 10.1016/j.jclepro.2009.10.019.
- Krasnicka, T., Glód, W. y Wronka-Pospiech, M. (2018). Management innovation, pro-innovation organisational culture and enterprise performance: testing the mediation effect. *Review of Managerial Science*, 12, 737-769. Doi: 10.1007/s11846-017-0229-0.
- Kuckertz, A., Berger, E. S. y Brändle, L. (2020). Entrepreneurship and the sustainable bioeconomy transformation. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 37, 332-344. Doi: 10.1016/j.eist.2020.10.003.
- Larsen, J. K., Lindhard, S. M., Brunoe, T. D. y Jensen, K. N. (2018). The Relation between Pre-planning, Commissioning and Enhanced Project Performance. *Construction Economics and Building*, 18(2), 1-14. Doi: 10.5130/AJCEB.v18i2.5762.
- Leff, H. S. (2021). *Energy and Entropy. A Dynamic Duo*. CRC Press.
- Lenfant, J. S. (2018). Probabilising the consumer: Georgescu-Roegen, Marschak and Quandt on the modelling of the consumer in the 1950s. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 25(1), 36-72. Doi: 10.1080/09672567.2017.1415949.
- Levallois, C. (2010). Can de-growth be considered a policy option? A historical note on Nicholas Georgescu-Roegen and the Club of Rome. *Ecological Economics*, 69(11), 2271-2278. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2010.06.020.
- Lomas, P. L. y Giampietro, M. (2017). Environmental accounting for ecosystem conservation: Linking societal and ecosystem metabolisms. *Ecological Modelling*, 346, 10-19. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2016.12.009.
- López, M. E., Arias, L. y Rave, S. N. (2006). Las organizaciones y la evolución administrativa. *Scientia Et Technica*, 2(31), 147-152. Doi: 10.22517/23447214.6409.
- Lukinaitė, E. y Sondaitė, J. (2017). Mindset of employees working in a matrix organizational structure. *Business: Theory and Practice*, 18, 144-151. Doi: 10.3846/btp.2017.015.
- Martínez-Alier, J., Pascual, U. y Vivien, F. -D. (2010). Sustainable de-growth: Mapping the context, criticisms and future prospects of an emergent paradigm. *Ecological Economics*, 69(9), 1741-1747. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2010.04.017.
- Melnik, S. S. y Usatenko, O. V. (2018). Entropy of high-order Markov chains beyond the pair correlations. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 506, 208-216. Doi: 10.1016/j.physa.2018.04.025.
- Mohammadian, M. (2005). La Bioeconomía: Un nuevo paradigma socioeconómico para el siglo XXI. *Encuentros multidisciplinares*, 7(19), 57-70.
- Morgan, G. (1998). *Imágenes de la Organización*. Alfaomega.
- Norberg, J. (2016). *Progress: Ten reasons to look forward to the future*. Oneworld Publications.
- Pauliuk, S. y Hertwich, E. G. (2015). Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human societies. *Ecological Economics*, 119, 83-93. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2015.08.012.
- Pinker, S. (2018). *En defensa de la ilustración. Por la razón, la ciencia, el humanismo y el progreso*. Paidós.

- Pulgarín, S. A. (2013). De las Organizaciones: Reflexiones y aproximaciones desde la biología y la complejidad. *Criterio Libre*, 11(18), 195-216. Doi: 10.18041/1900-0642/criteriolibre.2013v11n18.1131.
- Rivas, L. (2006). Implicaciones de la teoría de la complejidad en la organización, los procesos, los empleados y los modelos de dirección estratégica. *I.I.E.S.C.A.*, 2006(1), 130-144.
- Rodela, R., Tucker, C. M., Šmid-Hribar, M., Sigura, M., Bogataj, N., Urbanc, M. y Gunya, A. (2019). Intersections of ecosystem services and common-pool resources literature: An interdisciplinary encounter. *Environmental Science and Policy*, 94, 72-81. Doi: 10.1016/j.envsci.2018.12.021.
- Russell, M. G. y Smorodinskaya, N. V. (2017). Leveraging complexity for ecosystemic innovation. *Technological Forecasting & Social Change*, 136, 114-131. Doi: 10.1016/j.techfore.2017.11.024.
- Scheidel, A. (2013). Flows, funds and the complexity of deprivation: Using concepts from ecological economics for the study of poverty. *Ecological Economics*, 86, 28-36. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2012.10.019.
- Schepper-Valiquette, B. (2014). *Le concept de Décroissance Économique Chez Serge Latouche: Une Résistance au Capitalisme*. <https://archipel.uqam.ca/6658/>.
- Sherman, T. F. (2018). *Energy, entropy and the flow of nature*. Oxford University Press.
- Smulders, S. (1995). Entropy, Environment, and Endogenous Economic Growth. *International Tax and Public Finance*, 2, 319-340. Doi: 10.1007/BF00877504.
- Steiner, U. K. y Tuljapurkar, S. (2020). Drivers of diversity in individual life courses: Sensitivity of the population entropy of a Markov chain. *Theoretical Population Biology*, 133, 159-167. Doi: 10.1016/j.tpb.2020.01.003.
- Struchtrup, H. (2020). Entropy and the Second Law of Thermodynamics—The Nonequilibrium Perspective. *Entropy*, 22(7). Doi: 10.3390/e22070793.
- Tame, J. R. (2019). *Approaches to Entropy*. Springer Nature Singapore. Doi: 10.1007/978-981-13-2315-7.
- Vargo, S. L., Koskela-Huotari, K., Baron, S., Edvardsson, B. y Reynoso, J. (2017). A systems perspective on markets – Toward a research agenda. *Journal of Business Research*, 79, 260-268. Doi: 10.1016/j.jbusres.2017.03.011.
- Vatn, A. (2020). Institutions for sustainability—Towards an expanded research program for ecological economics. *Ecological Economics*, 168. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.106507.
- Velásquez, A. (2007). La organización, el sistema y su dinámica: una versión desde Niklas Luhmann. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (61), 129-155.
- Vivien, F. D., Nieddu, F., Befort, N., Debref, R. y Giampietro, M. (2019). The Hijacking of the Bioeconomy. *Ecological Economics*, 159, 189-197. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2019.01.027.
- Whiting, K., Konstantakos, L., Carrasco, A. y Carmona, L. G. (2018). Sustainable Development, Wellbeing and Material Consumption: A Stoic Perspective. *Sustainability*, 10(2). Doi: 10.3390/su10020474.
- Zhavoronkov, A. y Litovchenko, M. (2013). Biomedical Progress Rates as New Parameters for Models of Economic Growth in Developed Countries.

International Journal of Environmental Research and Public Health,
10(11), 5936-5952.

Notas

Para citar este artículo: Medina, I. D. y Barón L. C. (2020). Economía y organizaciones, un acercamiento desde la perspectiva de la sostenibilidad y la entropía. *Luna Azul*, (51), 40-64. Doi: 10.17151/luaz.2020.51.3.

Notas de autor

- 1 Estudiante Doctorado en Agrociencias. Docente-investigador, Bogotá Colombia. Google Scholar: <https://bit.ly/3yDARQt>.
- 2 Administradora de Empresas. Bogotá Colombia. Google Scholar: <https://bit.ly/3xuveUr>.