

Capítulo 3

Sustentabilidad y responsabilidad social. De la linealidad a la complejidad de los sistemas productivos

David Iglesias Piña, Pedro Severino-González, Giuseppe Sarmiento-Peralta

Resumen

La sustentabilidad y la responsabilidad social han instalado nuevos desafíos que tensionan la teoría económica clásica, debido a que esta última asume una estructura de producción lineal basada en el equilibrio de los mercados, descartando la presencia de externalidades como consecuencia de la racionalidad de los stakeholders o agentes económicos. El objetivo de este capítulo es reflexionar sobre la visión lineal de la producción desde la sustentabilidad y la responsabilidad social, a través de las ciencias de la complejidad y de los postulados de la dinámica no lineal. En tal sentido, se desarrolla una revisión crítica de la literatura que compara diversas perspectivas, valorando la importancia de virar hacia una base epistemológica compleja de la producción. Los argumentos refieren la pertinencia de una perspectiva compleja del sistema productivo, la relevancia de la sustentabilidad y los desafíos de la responsabilidad social, demostrando la interacción de agentes y factores, así como las energías, materiales y residuos disipados. Los resultados de este estudio aportan a la problematización de nuevos desafíos y al diseño de alternativas que permiten responder a las demandas de la sociedad actual.

Palabras clave:
sustentabilidad;
complejidad;
responsabilidad social;
producción lineal;
dinámica no lineal;
sistema de producción.

Iglesias Piña, D., Severino-González, P., & Sarmiento-Peralta, G. (2025). Sustentabilidad y responsabilidad social. De la linealidad a la complejidad de los sistemas productivos. En S. Esquivel Marín, I. Ortiz Medina, J. Martínez Pérez, (coords). *Miradas sobre la responsabilidad social en la contemporaneidad*. (pp. 101-121). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.329.c752>



Introducción

Los retos de la sustentabilidad y la responsabilidad social han propiciado nuevos escenarios que han tensionado las formas tradicionales que las organizaciones públicas y privadas, influyendo en las dinámicas de la gestión estratégica en escenarios cada vez más turbulentos, inciertos y dinámicos (Severino-González et al., 2022; Pourismaeli et al., 2024). En tal sentido, es preciso señalar que los sistemas de producción no solo incluyen un conjunto de agentes, factores económicos e interacciones directas e indirectas; sino que, ante todo, consideran las expectativas y necesidades de los diversos grupos de interés (DesJardine et al., 2023). En este aspecto, la teoría económica clásica y las innovaciones empresariales buscan optimizar el uso de los insumos y materiales, para acrecentar la funcionalidad de los mercados, así como la reducción de las externalidades negativas al ambiente, pero, al mismo tiempo, procuran aumentar y disponer de estructuras que contribuyan a entornos productivos sustentables y socialmente responsables (Sharma y Gupta, 2024).

Las innovaciones empresariales basadas en la sustentabilidad son consecuencia de las nuevas demandas de sociedades más sensibles a los retos medioambientales, lo que ha motivado la creación de tejidos y ambientes de producción más densos, capaces de aprovechar los residuos que se generan en la línea productiva (Debnath et al., 2024). Lo anterior, a través de la inclusión de otros agentes y componentes productivos que buscan reducir en la medida de lo posible las externalidades ambientales (Sekhar et al., 2024). Todo lo cual tributa al cuidado del ambiente ya la instalación de una cultura basada en la sustentabilidad (Alzghoul et al., 2024).

La confrontación epistemológica entre la teoría económica clásica y los nuevos retos de los sistemas productivos ha permitido avizorar las dificultades que presenta la producción lineal en cuanto a la definición de equilibrios de mercados. Además, se ha logrado identificar que los agentes económicos no siempre se comportan de

manera racional en términos de buscar beneficios colectivos (Mazzucato, 2023). El contraargumento de la visión lineal de la producción, a través de las ciencias de la complejidad y de los postulados de la dinámica no lineal, como métodos de contrastación, permite asumir la necesidad de una visión más compleja de la producción (Samadhiya et al., 2024). Todo lo cual invita a una perspectiva epistemológica transcompleja, que incluye el modelo del ciclo de cierre de materiales, como alternativa para optimizar y eficientar tanto la funcionalidad de las unidades de producción como los factores productivos, donde la inclusión de otras visiones científicas, como las de la Física y la Biología (a través de las leyes de la termodinámica), ponen de manifiesto no solo la amplitud interpretativa de los sistemas de producción, sino la pertinencia de construir estos ambientes como alternativa para virar a la sustentabilidad. (Numan et al., 2023).

1. La funcionalidad de la producción lineal y la teoría económica clásica

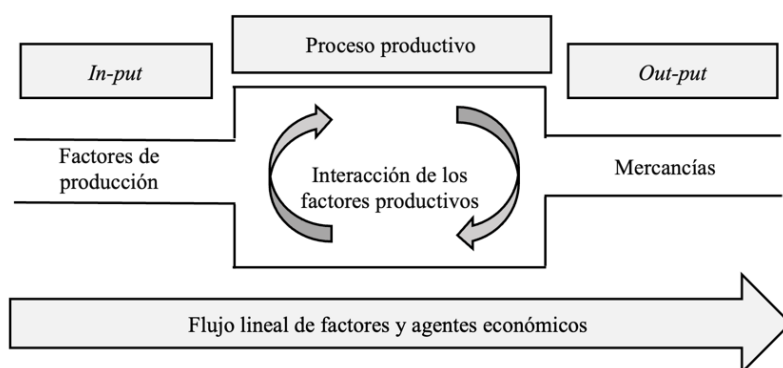
La teoría económica clásica constituye uno de los principales bastiones de la ciencia económica, cuyos planteamientos ampliamente fundados y comprobados permearon en el pensamiento de la época, traducidos en escuela de formación y en doctrina de aplicación (Agudelo y Agudelo, 2024). La contundencia teórica, modelística e instrumental abrió camino y sumó, sin precedentes, adeptos que hicieron suyos los planteamientos; bien para generar sus propias perspectivas analíticas, ampliar sus postulados o generar mayores evidencias en búsqueda de una mayor influencia ideológica en contextos de dominio como el capitalismo, la política internacional y el control de los mercados (Hernández, 2007).

En relación con lo antes planteado, dicha visión teórica se encuentra basada en la racionalidad de los agentes económicos, cuya conducta optimizadora les otorga funcionalidad y eficiencia a las unidades de producción; la cual se encuentra modelada a través de la

caja negra, cuyo carácter lineal posee tres grandes fases (ver Figura 1):

1. Entradas (*In-put*). Conjunto de insumos y materiales susceptibles de convertirse en factores de la producción.
2. Proceso productivo. Interacción y combinación del conjunto de entradas, que con su transformación genera nuevos productos de consumo directo e indirecto.
3. Salidas (*Out-put*). Gama de productos terminados, dispuestos en el mercado para su consumo.

Figura 1. Modelo productivo de caja negra



Fuente: elaboración propia.

La teoría económica clásica asume que esta linealidad productiva conduce a un adecuado funcionamiento del mercado, interpretado como una estabilidad relativa entre los productores-consumidores a través del equilibrio y que, a su vez, crea un entorno productivo de mayor dinamismo, que denominaron circuito económico cerrado (Levrero, 2023). Lo anterior, bajo el argumento de que no es necesaria la intervención de otros agentes para que el mercado funcione adecuadamente, asumiendo incluso la inexistencia de fallas y externalidades. Cuando se llegaba a presentar un posible desequilibrio, eran las mismas fuerzas de este y la racionalidad de los agentes económicos las que presionaban al ajuste del precio, considerado como el

principal mecanismo de regulación y estabilidad mercantil (Gómez, 2010). Los principios aquí señalados se tensionan debido a los retos que propicia la gestión sustentable y socialmente responsable en la actualidad, ya que las organizaciones deben incluir en sus decisiones estratégicas las demandas locales y desafíos globales, las cuales son consecuencia de las nuevas perspectivas y orientaciones que desdibujan postulados históricos por nacientes perspectivas contemporáneas (Ahmad et al., 2024).

Esta postura fue muy bien argumentada y evidenciada a través de los planteamientos de los economistas neoclásicos como Say, Walras, Pareto, Edgeworth y otros (por cierto, de amplia influencia de la teoría económica clásica); los cuales, a través de diferentes instrumentos y modelos, como por ejemplo: caja negra, circuito económico cerrado y plano cartesiano, generaron evidencias de gran valor que refrendaron la aparente pertinencia de la linealidad económica y productiva bajo el criterio *ceteris paribus*, descartando toda conducta desventajosa y disfuncional de los mercados, así como de efectos escalares, como las externalidades socioambientales. Todo lo cual se encuentra refrendado por las innovaciones empresariales y tensionado por una sociedad moderna caracterizada por sus dinámicas, vertiginosos cambios y, en ocasiones, incierta (Balsalobre-Lorente et al., 2024).

2. Algunos cuestionamientos de la producción lineal

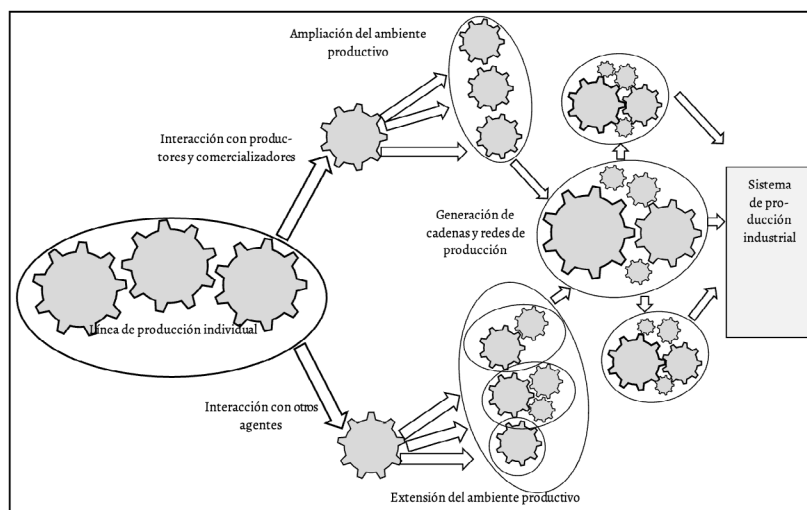
A pesar de los avezados argumentos emitidos por los economistas clásicos y neoclásicos, al contrastar al ser humano con algunas perspectivas asociadas a la Economía, como la Filosofía, Psicología, Sociología, incluso la Física, Química, Biología, entre otros, encontramos que el agente, en esa connotación racional, ética y no egoísta, da la sensación de perder relevancia.

El filósofo inglés Thomas Hobbes argumentaba que el hombre es malo por naturaleza, es egoísta y antisocial (Rasmussen, 2023). Incluso el mismo economista clásico inglés Jeremy Bentham, padre del

utilitarismo económico, argumentó que el ser humano se comporta de manera egoísta según sus preferencias de utilidad (Zhang, 2024). Este egoísmo, que puede calificarse como psicológico, implica que la racionalidad y la decisión del hombre económico es por propio beneficio y no por el de sus semejantes, por lo que cuenta más la utilidad individual, el mejor bienestar, lo que contradice los planteamientos de la teoría de la abstinencia. Incluso Kant asume que la capacidad racional autónoma rompe con el principio de equilibrio, igualdad y equidad (Galily, 2024). Lo antes mencionado no limita el desarrollo de esfuerzos por diversas instituciones que buscan instalar en los diversos stakeholders un sentido de colectividad y fraternidad, lo que ha demostrado los beneficios que tiene la justicia social, la empatía y la solidaridad en todas las esferas que constituyen el bienestar social (Severino-González et al., 2021; Ortiz-Avram et al., 2024).

Por su parte, gracias a los estudios desarrollados por Locke, Bacon, Newton, Descartes, Marx y otros, se ha evidenciado la necesaria ampliación de los enfoques epistemológicos, los cuales deben ser extensos e integrados, lo que implica sobrepasar los postulados de la racionalidad lineal, el equilibrio del mercado, la funcionalidad del circuito económico y la uniformidad del modelo de producción (Mesagan y Vo, 2024). Es decir, el criterio *ceteris paribus* empieza a perder vigencia, para asumir que en cualquier actividad desarrollada por el hombre (en su carácter de agente económico) o por las unidades de producción, resulta necesaria la intervención de otros actores, empresas, elementos y componentes presentes en diversos contextos y latitudes; propiciando diferentes interacciones, vínculos y asociaciones, que pueden generar fallas de mercado, externalidades ambientales y otro tipo de disfuncionalidades económicas, considerados como comportamientos o reacciones naturales de las conductas antrópicas humanas (Lee y Olasehinde-Williams, 2024). En dichas interacciones, emergen necesidades, sueños y anhelos de los diversos stakeholders, lo que debería ser incluido en los procesos y decisiones de las empresas que se autodefinen como socialmente responsables (Medina-Giacomozzi y Severino-González, 2014; Lillo-Viedma et al., 2022).

Figura 2. Extensión y dinamismo de la linealidad productiva



Fuente: Iglesias (2021).

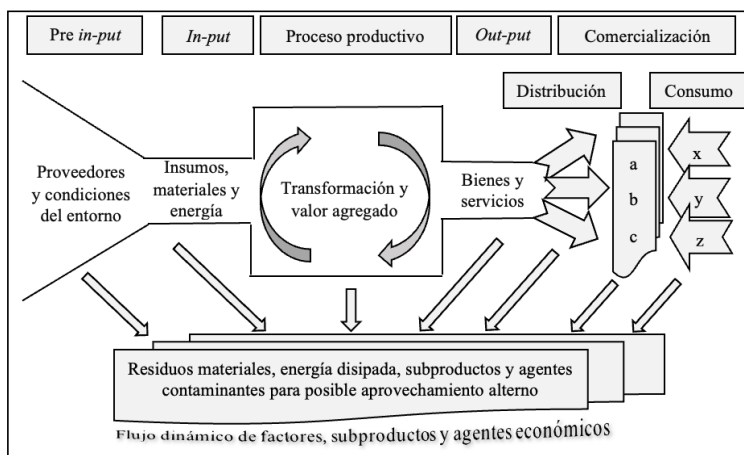
El reduccionismo clásico de la producción se densificó para considerar que el modelo lineal debe tener una connotación más compleja (Fumagalli, 2010), sumado a la conducta natural, no racional, del ser humano como agente económico. En tal sentido, la responsabilidad social y la sustentabilidad pueden ser considerados como articuladores de expectativas e intereses que caracterizan los procesos y decisiones en coherencia con su filosofía u orientación empresarial (Acuña-Moraga et al., 2019; Aguinis et al., 2024). Es por ello que la denominada caja negra debe ser comprendida como un sistema, de continua interacción directa e indirecta con otros elementos, cuyo carácter antrópico genera residuos en forma de materiales, energía y gases que alteran, tanto el estado del entorno (externalidades), como el funcionamiento del mercado, que también debe verse como un sistema (mercado). En esta visión compleja, la linealidad productiva se amplía de tres a siete fases (ver Figura 3):

1. Pre-input. Conjunto de agentes y condiciones que desempeñan el papel de proveedores de insumos, materiales y energía, con las características naturales y atributos requeridos.

2. Input (entradas). Abanico de insumos y materiales susceptibles de convertirse en factores de la producción.
3. Proceso productivo. Interacción y combinación del conjunto de entradas, cuya transformación genera nuevos productos de consumo directo e indirecto.
4. Output (salidas). Gama de productos terminados, dispuestos en el mercado para su consumo.
5. Distribución. Localización y disposición de los bienes y servicios en el mercado.
6. Comercialización. Accesibilidad de las mercancías a los diferentes tipos de mercados (segmentación de mercados) acorde a las preferencias del consumidor.
7. Consumo. Preferencias de consumo acorde a las necesidades del usuario.

Ahora bien, la presencia de esta infinidad de interacciones va extendiendo la linealidad productiva, a través de la generación de cadenas y redes, cuya escalabilidad va entretejiendo ambientes más densos hasta configurar sistemas de producción (industriales, por ejemplo), para eficientar el proceso productivo y atenuar las externalidades hacia el entorno territorial (ver Figura 2).

Figura 3. Modelo lineal ampliado: sistema productivo complejo



Fuente: elaboración propia, basada en Iglesias (2021).

Nota: a, b, c = Tipos de mercado donde se comercializan los bienes y servicios. x, y, z = Tipos de consumidores acordes al tipo de mercado donde recurren.

Lo interesante de esta extensión y complejidad es que en cada etapa del sistema de producción se disipan energía, gases, subproductos y otro tipo de residuos materiales, algunos aprovechables y reutilizables, y otros, cuyas características no permiten darles un uso alternativo, como el dióxido de carbono (CO₂), el calor degradado, el polvo, entre otros, son los que se siguen considerando como externalidades al entorno. En tal sentido, las estrategias de sustentabilidad toman relevancia debido a los aportes que entrega la gestión basada en las personas y la consideración del medioambiente, como garante de la vida, así conocidos en la actualidad (Montiel-Hernández et al., 2024). Esto quiere decir que, a pesar de haberse optimizado el sistema productivo, las repercusiones se acrecientan, alterando consecuentemente el funcionamiento del mercado, por lo que al concebir la producción y al propio mercado como sistemas complejos, resulta inapropiado asumir la existencia de equilibrios, más bien a lo que debe referirse es la tendencia de comportamientos estables, o como bien lo denomina Prigogine, dinámica no lineal (Gutiérrez y González, 2012).

3. La no linealidad y su paralelismo al sistema de producción

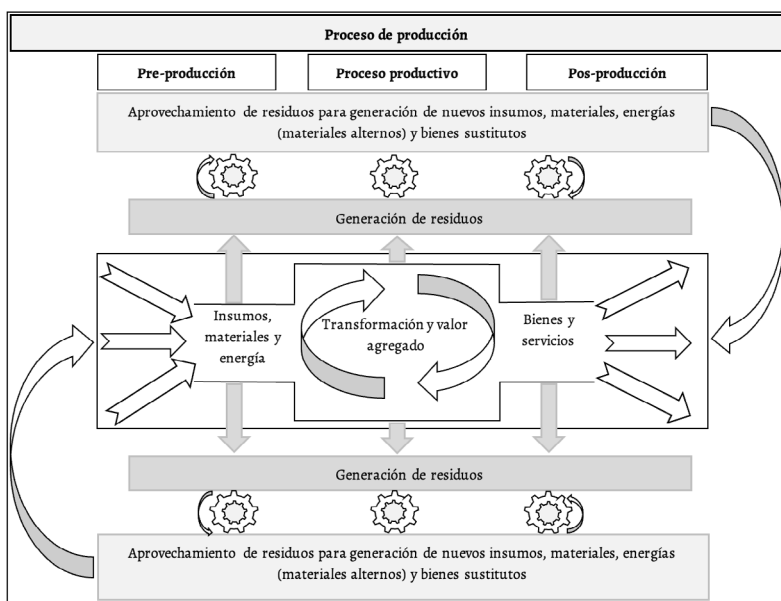
La comprensión de los efectos escalonados que tienen los sistemas productivos complejos es necesaria para incorporar nuevas visiones que emergen de la Biología y la Física. En tal sentido, las consecuencias del no equilibrio (Prigogine) dan cuenta de que los comportamientos y procesos no son deterministas, emergentes y autoorganizativos, en contraste con otros sistemas de complejidad creciente como la diversificación de mercados, competencia de precios, generación de residuos sólidos, competencia de consumo, preferencias de consumo inducidas, mercantilización de los recursos naturales como base de la producción, entre otros (Delgado, 2011; Ortiz et al., 2016).

La visión del modelo lineal productivo complejo de carácter sistémico permite presenciar que la modificación y alteración del conjunto de insumos y materiales conduce, en valor agregado, al mantenimiento de los factores productivos (la ley termodinámica de la conservación material), en cuya transformación se van degradando continua e irreversiblemente algunas características, atribuciones y bondades originales, para obtener nuevos bienes orientados a satisfacer necesidades de un creciente número de demandantes. Lo antes señalado se suma a las nuevas intrincaciones que subyacen de las recientes concepciones que las personas tienen sobre sí mismas, la sociedad y las organizaciones en general, siendo gravitante la comprensión de los valores que se evidencian en las relaciones humanas. En tal sentido, la responsabilidad social puede instalar un comportamiento basado en principios que contribuye a tributar al bien común y la sustentabilidad (Bux et al., 2024; Severino-González et al., 2023).

Es en esta etapa del proceso productivo, en donde además de encontrar aplicación la segunda ley de la termodinámica, también se genera una mayor cantidad de energía disipada, materiales residuales y otros subproductos, que al no poderse aprovechar van a parar en espacios controlados e incontrolados en forma de materiales con-

taminantes o dañinos al entorno, cuyo incremento gradual o radical provoca mayores externalidades negativas y presión ambiental (Peron et al., 2024). Pero también el hecho de diversificar el sistema de producción implica una mayor extracción de recursos de las fuentes naturales, que en el mediano y largo plazo provoca depredación, erosión y extinción de algunos recursos naturales para la producción (Xie et al., 2024). En esta dinámica se agrega un conjunto de nuevos agentes y unidades de producción, que a través de las sinergias que se crean, van aprovechando los residuos generados en toda la cadena productiva, tratando de reducir la presión ambiental y fomentando el ciclo de cierre de materiales, extendiendo de esta manera la existencia de los factores productivos en diferentes formas o presentaciones (ver Figura 4).

Figura 4. Sinergias productivas y flujo de materiales: ciclo de cierre



Fuente: Iglesias (2021, p. 28).

En este modelo de sinergias productivas y flujo ampliado de recursos, se presenta una transferencia compleja de materiales, energía

y subproductos que llevan a cabo el conjunto de agentes que integran el ecosistema productivo dinámico, y que al final configuran una red trófica, cuya característica principal es la utilización indefinida de la energía previa a su disipación en forma de calor o gas (contaminante). Ello significa que, en el modelo ampliado de producción, los subproductos materiales y las energías son susceptibles de ocuparse al máximo para aprovechar su utilidad, dando lugar al ciclo cerrado de los materiales, abierto solo a la entrada y salida de energía, donde las descomposiciones biológicas suministran otros materiales que se pueden reutilizar en otro nivel trófico (Carrillo, 2013).

La visión compleja del sistema de producción exige replantear las bases epistemológicas disciplinarias, para crear perspectivas transdisciplinarias y transversales que aporten más información a fin de ampliar los paradigmas y otorguen mayores elementos de comprensión del ambiente, la producción, la racionalidad humana y su sobrevivencia (González, 2012). Todo lo cual converge con la implementación de estrategias de sustentabilidad que propician escenarios más favorables para la sociedad (Tan et al., 2024).

Asimismo, la no linealidad en los sistemas de producción, especialmente cuando se incorpora el impacto de las tecnologías emergentes, representa una dimensión compleja e intrigante del diseño y la gestión de procesos productivos (Dohale et al., 2024). Tradicionalmente, los sistemas de producción han sido modelados bajo supuestos lineales, donde las relaciones entre variables y procesos se consideran proporcionales y predecibles. Sin embargo, la introducción de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, la automatización avanzada y los sistemas ciberfísicos, ha revelado un nuevo espectro de dinámicas no lineales que desafían estas concepciones tradicionales (Basole et al., 2024).

Manifiestamente, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, al optimizar procesos y tomar decisiones basadas en grandes volúmenes de datos, pueden introducir comportamientos inesperados y no lineales en el sistema de producción (Demirbaga et al., 2024).

La capacidad de estos sistemas para aprender y adaptarse en función de la información en tiempo real permite la aparición de patrones y dinámicas que no son evidentes en los modelos lineales, creando un entorno de producción más adaptable pero también más complejo de predecir y gestionar (Satornino et al., 2024).

Para finalizar, la exigencia de este nuevo modelo de producción obliga a la consideración de pasar de las relaciones lineales entre las unidades de producción, a la construcción de redes de intercambio y vinculaciones entre actores e instituciones, que favorezca un alto nivel de flujo y la consolidación de un ecosistema industrial (Tariq et al., 2024). En donde se encuentran presentes las necesidades de los diversos grupos de interés y los desafíos planetarios que convocan al trabajo en equipo por el futuro de la humanidad (Ferrara, 2024).

Conclusiones

A pesar de los avezados argumentos de la teoría económica clásica en torno a la funcionalidad de la producción lineal, considerado como uno de los principales bastiones de la ciencia económica, su contundencia teórica, modelística e instrumental encontró limitaciones para explicar el comportamiento dinámico y no racional tanto de las unidades de producción como de los agentes económicos. Por tanto, el criterio *ceteris paribus* perdió vigencia frente a la dinámica no lineal, producto de las múltiples interacciones y las fallas de mercado que se gestan durante la transformación de la materia y la energía.

La transición de un enfoque lineal a uno complejo en la gestión de sistemas productivos está transformando los paradigmas tradicionales de sustentabilidad. En el modelo lineal, la sustentabilidad se aborda principalmente desde la perspectiva de reducción de impactos negativos, centrada en la eficiencia de recursos y el control de desechos. Sin embargo, el enfoque complejo reconoce que la sustentabilidad implica interacciones multifacéticas entre procesos, proveedores y consumidores. La integración de criterios de sustentabilidad en el

diseño y operación de sistemas productivos debe considerar estas interrelaciones, fomentando un enfoque holístico que contemple el ciclo de vida completo de los productos y la dinámica de las cadenas de suministro.

Asimismo, la complejidad de los sistemas productivos acentúa la importancia de entender las interdependencias y retroalimentaciones en la gestión de recursos. En lugar de tratar los recursos como variables independientes, es crucial reconocer cómo las decisiones en un área pueden tener efectos multiplicadores en otras partes del sistema. La adopción de modelos no lineales permite una mejor evaluación de las repercusiones de las prácticas de producción sobre el medio ambiente y las comunidades, facilitando la identificación de oportunidades para la mejora continua y la optimización de los recursos en un contexto interconectado.

Frente al reduccionismo generalizado, se asume la necesidad de ampliar y complejizar el modelo lineal productivo, donde se incluyan categorías como las leyes de la termodinámica para extender las implicaciones extraeconómicas de los inputs productivos. Este abordaje, también conocido como termodinámica del no equilibrio, ensalza que los comportamientos y procesos no deterministas, emergentes y autoorganizativos dan lugar a otros sistemas de complejidad creciente, que define un derrotero alterno para optimizar los materiales, en afán de crear un ciclo más largo que fomente el aprovechamiento masivo de los residuos, y transitar hacia la creación de sistemas productivos sustentables.

Referencias

- Acuña-Moraga, O., Severino-González, P., & Cires-Gómez, A. (2019). Responsabilidad social empresarial y ventaja competitiva. El estudio de pequeñas empresas mineras de Chile. *Encuentros*, 17(2), 178-186.
- Agudelo, R. A., & Agudelo, A. A. (2024). Behavioral finance: Evolution from the classical theory and remarks. *Journal of Economic Surveys*, 38, 452-475. <https://doi.org/10.1111/joes.12593>
- Aguinis, H., Rupp, D. E., & Glavas, A. (2024). Corporate social responsibility and individual behaviour. *Nature Human Behaviour*, 8, 219-227. <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01802-7>
- Ahmad, H., Yaqub, M., & Lee, S. H. (2024). Environmental-, social-, and governance-related factors for business investment and sustainability: A scientometric review of global trends. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 2965-2987. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-02921-x>
- Alzghoul, A., Khaddam, A. A., Alshaar, Q., & Irtaimah, H. J. (2024). Impact of knowledge-oriented leadership on innovative behavior and employee satisfaction: The mediating role of knowledge-centered culture for sustainable workplace. *Business Strategy & Development*, 7(1). <https://doi.org/10.1002/bsd2.304>
- Balsalobre-Lorente, D., Nur, T., Topaloglu, E., & Evcimen, C. (2024). Assessing the impact of the economic complexity on the ecological footprint in G7 countries: Fresh evidence under human development and energy innovation processes. *Gondwana Research*, 127, 226-245. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.017>
- Basole, R., Park, H., & Seuss, D. (2024). Complex business ecosystem intelligence using AI-powered visual analytics. *Decision Support Systems*, 178, 114133. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2023.114133>
- Bernejo, R. (2011). *Manual para una economía sostenible*. Catarata.
- Bux, H., Zhang, Z., & Ali, A. (2024). Corporate social responsibility adoption for achieving economic, environmental, and social sustainability performance. *Environment, Development and Sustainability*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05155-7>
- Debnath, B., Rauf, M., Siraj, T., Jahin, F., Islam, S., Bari, M., Reza, A., & Raihan, A. (2024). A grey approach to assess the challenges to adopting sustainable production practices in the apparel manufacturing industry: Implications for sustainability. *Results in Engineering*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102006>

- Delgado, C. (2011). *Hacia un nuevo saber. La bioética en la revolución contemporánea del saber*. Publicaciones Acuario.
- Demirbaga, U., Kaur, N., & Aujla, G. S. (2024). Uncovering hidden and complex relations of pandemic dynamics using an AI driven system. *Scientific Reports*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65845-0>
- DesJardine, M. R., Zhang, M., & Shi, W. (2023). How shareholders impact stakeholder interests: A review and map for future research. *Journal of Management*, 49(1), 400-429. <https://doi.org/10.1177/01492063221126707>
- Dohale, V., Akarte, M., Gunasekaran, A., & Verma, P. (2022). Exploring the role of artificial intelligence in building production resilience: Learnings from the COVID-19 pandemic. *International Journal of Production Research*, 62(15), 5472-5488. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2127961>
- Ferrara, E. (2024). The Butterfly Effect in artificial intelligence systems: Implications for AI bias and fairness. *Machine Learning with Applications*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2024.100525>
- Fumagalli, A. (2010). *Bioeconomía y capitalismo cognitivo. Hacia un nuevo paradigma de acumulación*. Traficante de Sueños.
- Galily, Y. (2024). From sport psychology to action philosophy: Immanuel Kant and the case of video assistant referees. *Behavioral Sciences*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/bs14040291>
- Gómez, M. (2010). *Breve historia de las doctrinas económicas*. Esfinge.
- Gutiérrez, E., & González, E. (2012). *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable*. UANL. Siglo XXI.
- Hernández, R. (2007). *Historia del pensamiento económico*. Porrúa.
- Iglesias Piña, D. (2021). *Condiciones de la infraestructura y equipamiento de los parques industriales del Estado de México. Posibilidades de formar sistemas productivos sustentables* [Comunicación científica].
- Lee, C.-C., & Olasehinde-Williams, G. (2024). Does economic complexity influence environmental performance? Empirical evidence from OECD countries. *International Journal of Finance & Economics*, 29(1), 356-382. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2689>
- Levrero, E. S. (2023). The Taylor Rule and its aftermath: An interpretation along classical-Keynesian lines. *Review of Political Economy*, 36(2), 581-599. <https://doi.org/10.1080/09538259.2023.2166729>

- Lillo-Viedma, F., Severino-González, P., Santander-Ramírez, V., García, L. Y., Guíñez-Cabrera, N., & Astorga-Bustos, N. (2022). Corporate social responsibility and social network analysis: Unionized workers' perceptions. *Sustainability*, 14(7), 4320. <https://doi.org/10.3390/su14074320>
- Mazzucato, M. (2023). Governing the economics of the common good: From correcting market failures to shaping collective goals. *Journal of Economic Policy Reform*, 27(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/17487870.2023.2280969>
- Medina-Giacomozzi, A., & Severino-González, P. (2014). Responsabilidad empresarial: Generación de capital social de las empresas. *Contabilidad y Negocios*, 9(17), 63–72.
- Mesagan, E. P., & Vo, X. V. (2024). The importance of economic complexity in the resource-growth discourse: Empirical evidence from Africa. *Journal of the Knowledge Economy*, 15, 2772–2793. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01227-7>
- Montiel-Hernández, M. G., Pérez-Hernández, C. C., & Salazar-Hernández, B. C. (2024). The intrinsic links of economic complexity with sustainability dimensions: A systematic review and agenda for future research. *Sustainability*, 16(1), 391. <https://doi.org/10.3390/su16010391>
- Numan, U., Ma, B., Sadiq, M., Dino, H., & Jiang, C. (2023). The role of green finance in mitigating environmental degradation: Empirical evidence and policy implications from complex economies. *Journal of Cleaner Production*, 400, 136693. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136693>
- Ortiz-Avram, D., Ovcharova, N., & Engelmann, A. (2024). Dynamic capabilities for sustainability: Toward a typology based on dimensions of sustainability-oriented innovation and stakeholder integration. *Business Strategy and the Environment*, 33(4), 2969–3004. <https://doi.org/10.1002/bse.3630>
- Ortiz, P., Delgado, A., & Gómez, F. (2016). *Sistemas alejados del equilibrio: Un lenguaje para el diálogo transdisciplinario*. AM Editores.
- Peron, M., Agnusdei, L., Miglietta, P., Agnusdei, G., Finco, S., & Del Prete, A. (2024). Additive vs conventional manufacturing for producing complex systems: A decision support system and the impact of electricity prices and raw materials availability. *Computers & Industrial Engineering*, 194. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110406>

- Pouresmaieli, M., Ataei, M., Nouri, A., & Barabadi, A. (2024). Corporate social responsibility in complex systems based on sustainable development. *Resources Policy*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104818>
- Rasmussen, E. K. (2023). Thomas Hobbes and the problem of exemplarity: From the early engagement with historiography to Leviathan. *History of European Ideas*, 50(4), 591–609. <https://doi.org/10.1080/01916599.2023.2275003>
- Samadhiya, A., Agrawal, R., & Garza-Reyes, J. A. (2024). Integrating Industry 4.0 and Total Productive Maintenance for global sustainability. *The TQM Journal*, 36(1), 24-50. <https://doi.org/10.1108/TQM-05-2022-0164>
- Satornino, C., Du, S., & Grewal, D. (2024). Using artificial intelligence to advance sustainable development in industrial markets: A complex adaptive systems perspective. *Industrial Marketing Management*, 116, 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2023.11.011>
- Sekhar, J., Samuel, M., Glivin, G., Le, T., & Mathimani, T. (2024). Production and utilization of green ammonia for decarbonizing the energy sector with a discrete focus on Sustainable Development Goals and environmental impact and technical hurdles. *Fuel*, 360. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130626>
- Severino-González, P., Acuña-Moraga, O., Yévenes-Jara, J., Matamala-Pane, J., Parada-Oyarce, C., Martin-Fiorino, V., Sarmiento-Peralta, G., & Ramírez-Molina, R. (2023). Percepción de consumidoras de retail sobre responsabilidad social corporativa en la región del Maule. *Interciencia*, 48(5), 269-276.
- Severino-González, P., Guíñez-Cabrera, N., González-Beltrán, P., & Poblete-Arenas, N. (2022). Mercadeo socialmente responsable y desafíos estratégicos: Percepción de los consumidores de empresas de comercio minorista en Chile. *Información Tecnológica*, 33(5), 103-114. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000500103>
- Severino-González, P., Villalobos-Antunez, J., Vergara-Gómez, J., & Yáñez-Venegas, M. (2021). Percepción sobre la responsabilidad social corporativa de los estudiantes de educación superior de Chile. *Formación Universitaria*, 14(4), 39-48. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000400039>
- Sharma, R., & Gupta, H. (2024). Harmonizing sustainability in industry 5.0 era: Transformative strategies for cleaner production and sustainable competitive advantage. *Journal of Cleaner Production*, 445. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141118>

- Tan, L., Yang, Z., Irfan, M., Ding, C. J., Hu, M., & Hu, J. (2024). Toward low-carbon sustainable development: Exploring the impact of digital economy development and industrial restructuring. *Business Strategy and the Environment*, 33(3), 2159–2172. <https://doi.org/10.1002/bse.3584>
- Tariq, R., Mohammed, A., Alshibani, A., & Ramírez-Montoya, M. (2024). Complex artificial intelligence models for energy sustainability in educational buildings. *Scientific Reports*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65727-5>
- Tyrantia, L. (2009). *Evolución y sociedad. Termodinámica de la supervivencia para una sociedad a escala humana*. Juan Pablos Editor.
- Xie, J., Li, T., & Wang, X. (2024). A novel DT-based intelligent experiment method for complex industrial products. *Advanced Engineering Informatics*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102275>
- Zhang, Y. (2024). C. S. Peirce on Jeremy Bentham: “A shallow logician” confined to analysis of “lower motives”. *Theoria*, 90(3), 264–280. <https://doi.org/10.1111/theo.12515>

Sustainability and Social Responsibility: From Linearity to the Complexity of Productive Systems

Sustentabilidade e Responsabilidade Social: Da Linearidade à Complexidade dos Sistemas Produtivos

David Iglesias Piña

Universidad Autónoma del Estado de México | Toluca | México

<https://orcid.org/0000-0002-7441-747X>

diglesiasp@uaemex.mx

Profesor-investigador adscrito al Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma del Estado de México. Doctor en Economía. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-I, SECIHTI-México. Coordinador del Doctorado en Sustentabilidad para el Desarrollo. Miembro del Cuerpo Académico consolidado: Desarrollo Sustentable, Sociedad y Ambiente. Línea de investigación sistemas productivos sustentables y economía de la industria.

Pedro Severino-González

Universidad Católica del Maule | Talca | Chile

<https://orcid.org/0000-0003-4784-9151>

pseverino@ucm.cl

Profesor e investigador, Universidad Católica del Maule (Chile). Doctor en Economía y Empresa, Universidad de Extremadura (España). Magíster en Dirección de Empresas, Ingeniero Comercial, Licenciado en Cs. Administrativas, Universidad del Bío-Bío (Chile). Su investigación se centra en la responsabilidad social universitaria, la responsabilidad social corporativa, la educación superior, la sostenibilidad y la gestión estratégica.

Giusseppe Sarmiento-Peralta

Universidad Nacional Mayor de San Marcos | Lima | Perú

<https://orcid.org/0000-0003-0948-9271>

[giuseppe.sarmiento@unmsm.edu.pe](mailto:giusseppe.sarmiento@unmsm.edu.pe)

Magíster en Neurociencias y Tecnólogo Médico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Su investigación se centra en educación superior, espiritualidad y saberes ancestrales para la libertad humana y la regeneración global. Conferencista.

ABSTRACT

Sustainability and social responsibility have introduced new challenges that strain classical economic theory, as the latter assumes a linear production structure based on market equilibrium, disregarding the presence of externalities as a consequence of the rationality of stakeholders or economic agents. The objective of this chapter is to reflect on the linear vision of production from the standpoint of sustainability and social responsibility, through the lens of complexity sciences and the postulates of non-linear dynamics. In this sense, a critical literature review is developed, comparing diverse perspectives and assessing the importance of shifting towards a complex epistemological foundation for production. The arguments refer to the relevance of a complex perspective of the productive system, the importance of sustainability, and the challenges of social responsibility, demonstrating the interaction of agents and factors, as well as the energy, materials, and waste dissipated. The results of this study contribute to problematizing new challenges and designing alternatives that respond to the demands of contemporary society.

Keywords: sustainability, complexity, social responsibility, linear production, non-linear dynamics, production system.

RESUMO

A sustentabilidade e a responsabilidade social instalaram novos desafios que tensionam a teoria econômica clássica, uma vez que esta assume uma estrutura de produção linear baseada no equilíbrio dos mercados, descartando a presença de externalidades como consequência da racionalidade dos stakeholders ou agentes econômicos. O objetivo deste capítulo é refletir sobre

a visão linear da produção a partir da sustentabilidade e da responsabilidade social, através das ciências da complexidade e dos postulados da dinâmica não linear. Neste sentido, desenvolve-se uma revisão crítica da literatura que compara diversas perspectivas, valorizando a importância de migrar para uma base epistemológica complexa da produção. Os argumentos referem a pertinência de uma perspectiva complexa do sistema produtivo, a relevância da sustentabilidade e os desafios da responsabilidade social, demonstrando a interação de agentes e fatores, bem como as energias, materiais e resíduos dissipados. Os resultados deste estudo contribuem para a problematização de novos desafios e para o desenho de alternativas que permitem responder às demandas da sociedade atual.

Palavras-chave: sustentabilidade, complexidade, responsabilidade social, produção linear, dinâmica não linear, sistema de produção.