

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

La evolución: de la selección natural a la simbiogénesis y la autopoiesis

Camilo Osejo-Bucheli

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.9149>

Enviado en: 2024-06-14

Postado en: 2024-06-14 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

La moderación de este preprint recibió lo endoso de:

William Rojas Rojas (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1735-8127>)

La evolución: de la selección natural a la simbiogénesis y la autopoiesis

Unraveling Evolution: From Natural Selection to Symbiogenesis and Autopoiesis

Camilo Osejo-Bucheli¹ [0000-0002-6712-6228]

<https://orcid.org/0000-0002-6712-6228>
camiloosejo@udenar.edu.co, camilo.osejo@correounivalle.edu.co

Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

Abstract: This article delves into the multifaceted mechanisms driving evolution, exploring the foundational principles of natural selection alongside advanced theories of cybernetics, symbiogenesis, and autopoiesis. Charles Darwin's concept of natural selection highlights the gradual adaptation of organisms, favoring traits that enhance survival and reproduction. This principle is further examined through the lens of sexual selection, which focuses on traits that increase reproductive success.

Cybernetic theories, particularly those proposed by Stafford Beer, introduce regulatory functions and homeostatic balances that underscore the dynamic relationship between organisms and their environments. The role of symbiosis, as articulated in symbiogenesis, reveals how interspecies cooperation leads to significant evolutionary changes, such as the development of essential cellular organelles.

The concept of autopoiesis and natural drift offers a paradigm where evolutionary change is a continuous adaptive process, maintaining structural and functional integrity within living systems. This perspective is expanded through the theory of system differentiation, which emphasizes the role of sexual reproduction and genetic recombination in driving species diversification and ecosystem complexity.

Integrating these diverse frameworks, the article presents a comprehensive view of evolutionary processes, from the inheritance of acquired characteristics to the generation of new genetic variations through symbiosis and horizontal gene transfer. By synthesizing these insights, the article underscores the interconnectedness and resilience of living systems, offering profound implications for understanding biodiversity and the adaptive capabilities of life on Earth.

Keywords: Natural Selection, Symbiogenesis, Autopoiesis, Evolutionary Theory, Cybernetics, Genetic Variation.

Resumen: Este artículo profundiza en los mecanismos multifacéticos que impulsan la evolución, explorando los principios fundamentales de la selección natural junto con las teorías avanzadas de la cibernética, la simbiogénesis y la autopoiesis. El concepto de selección natural de Charles Darwin destaca la adaptación gradual de los organismos, favoreciendo los rasgos que mejoran la supervivencia y la reproducción. Este principio se examina más a fondo a través de la lente de la selección sexual, que se centra en los rasgos que aumentan el éxito reproductivo.

Las teorías cibernéticas, en particular las propuestas por Stafford Beer, introducen funciones reguladoras y equilibrios homeostáticos que subrayan la relación dinámica entre los organismos y sus entornos. El papel de la simbiosis, tal como se articula en la simbiogénesis, revela cómo la cooperación entre especies conduce a cambios evolutivos significativos, como el desarrollo de orgánulos celulares esenciales.

El concepto de autopoiesis y deriva natural ofrece un paradigma en el que el cambio evolutivo es un proceso adaptativo continuo, que mantiene la integridad estructural y funcional dentro de los sistemas vivos. Esta perspectiva se amplía a través de la teoría de la diferenciación de sistemas, que enfatiza el papel de la reproducción sexual y la recombinación genética en el impulso de la diversificación de especies y la complejidad de los ecosistemas.

Integrando estos diversos marcos, el artículo presenta una visión integral de los procesos evolutivos, desde la herencia de características adquiridas hasta la generación de nuevas variaciones genéticas a través de la simbiosis y la transferencia horizontal de genes. Al sintetizar estas ideas, el artículo subraya la interconexión y la resiliencia de los sistemas vivos, ofreciendo profundas implicaciones para la comprensión de la biodiversidad y las capacidades de adaptación de la vida en la Tierra.

Palabras clave: selección natural, simbiogénesis, autopoiesis, teoría evolutiva, cibernética, variación genética.

1. Introduction

La evolución es un concepto fundamental en el campo de las ciencias biológicas, que proporciona una comprensión profunda de los mecanismos de la vida y el surgimiento de la biodiversidad. El concepto de evolución a través de la selección natural, propuesto inicialmente por Charles Darwin en 1859, explica la transformación gradual de los organismos a lo largo de generaciones sucesivas, como resultado de la reproducción preferencial de individuos que poseen rasgos ventajosos para su entorno específico. La selección natural garantiza la herencia de características beneficiosas, aumentando así las posibilidades de supervivencia y reproducción.

La teoría evolutiva abarca una serie de modelos y mecanismos que dilucidan los procesos por los cuales las especies se adaptan y evolucionan, además de la selección

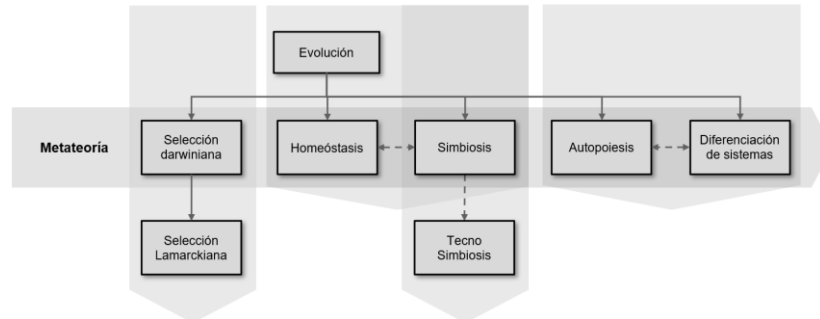
natural. Los sistemas físicos, que están controlados por estímulos externos y las reacciones correspondientes, ofrecen una estructura para comprender estos procesos. Los conocimientos teóricos derivados de la cibernética, investigados por Stafford Beer y otros estudiosos, han ampliado nuestra comprensión de la evolución mediante la integración de aspectos de la regulación, la homeostasis y la dinámica de sistemas.

Este artículo explora las complejidades de la teoría evolutiva, analizando la selección natural y sexual, la transmisión de rasgos adquiridos y la importancia de la cooperación y la simbiosis en el proceso de evolución. El texto profundiza en el concepto de autopoiesis y el proceso de generación de variación, proporcionando una perspectiva integral sobre la evolución y adaptación de la vida en un entorno dinámico. El artículo demuestra la intrincada interacción de los factores que impulsan el cambio evolutivo, proporcionando una comprensión más profunda de las fuerzas que moldean el mundo natural.

2. La selección natural.

El proceso evolutivo, según Kauffman (1993), se encarga de explicar la aparición espontánea del orden, la complejidad, la diversidad y la especialización en la naturaleza. La ubicuidad de este proceso es tal que muchos lo consideran una ley natural. A finales del siglo XIX, la teoría de la evolución era generalmente aceptada en el ámbito académico, aunque existía discrepancia entre los académicos respecto a los mecanismos que la impulsan (Bowler, 1983). La teoría evolutiva predominante es la evolución por selección natural, también conocida como evolución darwiniana. Para muchos académicos, la evolución se asocia estrechamente con el concepto de selección natural, tal como lo sostiene Beer (1994; 1979; 1972). En el estudio de los Sistemas Adaptativos Complejos, la evolución por selección natural es considerada la única teoría evolutiva por académicos como Holland (1992) y Kauffman (1993). De manera similar, se sostiene que esta teoría es fundamental en dicho campo de investigación. Dentro del marco de la epistemología evolutiva, se destaca la selección natural como el principal mecanismo explicativo de los rasgos de los organismos. Esta postura adquiere relevancia al excluir otras interpretaciones de la teoría evolutiva, como aquellas que sugieren que la evolución es impulsada por el comportamiento, según lo señalado por Campbell (1997). En este estudio se han identificado al menos cuatro corrientes de pensamiento evolutivo en el campo de la cibernética que podrían ser consideradas para formar parte de una metateoría evolutiva. El pensamiento evolutivo se caracteriza por sus dinámicas centrales, las cuales incluyen la selección, la homeostasis, la simbiosis y la autopoiesis, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1 Teorías evolutivas; fuente: esta investigación



A continuación, se presentan las teorías evolutivas.

3. Cibernética de la selección natural

El proceso de evolución a través de la selección natural es un fenómeno gradual de transformación y progreso mediante la replicación selectiva de individuos con variaciones aleatorias que están mejor adaptados al entorno. Según Darwin (1885), únicamente aquellos individuos mejor adaptados al entorno pueden transmitir a su descendencia las características que promueven la supervivencia. En los sistemas físicos, el entorno se define como el conjunto de elementos que rodean al sistema y que no forman parte de él. Estos entornos generan estímulos que provocan respuestas por parte de los sistemas (Klir & Valach, 1965, págs. 21-23).

La selección sexual es un proceso en el cual individuos de una especie dan preferencia a otros individuos de la misma especie como compañeros reproductivos, en función de la percepción de su atractivo o belleza física. Estas características no necesariamente contribuyen a la supervivencia del individuo en un entorno hostil, sino que aumentan su capacidad de transmitir su material genético a la siguiente generación en comparación con otros individuos de la misma especie. La vistosa cola del pavo real es un ejemplo ilustrativo de cómo ciertas características físicas pueden tener efectos contradictorios en la supervivencia de una especie. Esta cola, aunque dificulta la capacidad del pavo real para evadir a sus depredadores, juega un papel crucial en su selección como pareja reproductiva por parte de otros pavos reales. (Osejo-Bucheli, 2023).

4. Selección artificial y aplicaciones

En sus obras de 1960 y 1979, Stafford Beer analiza el concepto de evolución como un mecanismo mediante el cual las organizaciones pueden adquirir conocimiento y mejorar su aprendizaje. Según Beer (1989), las características adquiridas por los individuos a lo largo de su vida no son heredables. Por ejemplo, si un lagarto pierde su

cola, esta característica no se transmitirá a su descendencia. No obstante, en los grupos sociales, las características adquiridas sí pueden ser heredadas.

“A major battle in biology concerning the possible inheritance of acquired characteristics in the individual, as conceived by Lamarck, seems to have been settled in recent years by microbiologists. There is no such inheritance, for genetic information is always carried by nucleic acid to inform the protein molecule – and never the reverse. In society, however, that is in the social group, there clearly is an inheritance of acquired characteristics. Therefore, a major difference emerges as between the VSM of the individual and the VSM of society to constitute, at least on first sight, a limitation of the model.” (Beer S. , 1989, pág. 9).

Según Beer (1979, p. 390; 1972, 239, 308), el proceso evolutivo se concibe como un mecanismo de aprendizaje, donde la adaptación impulsa la evolución, siendo el aprendizaje el motor de dicho proceso. Según Beer (1979), la adaptación es la característica fundamental de la evolución. A diferencia de la evolución darwiniana, él la concibe como una manera de considerar opciones en lugar de generarlas. Beer plantea que el proceso evolutivo forma parte de la actividad predictiva llevada a cabo por el Sistema 4 (pág. 230). En esta forma de selección, la selección se lleva a cabo con base en una intencionalidad, es decir, de acuerdo con una teleología. La creatividad se ve involucrada en la generación deliberada de opciones alternativas durante el proceso de variación.

5. Homeostasis

La disciplina conocida como Ciencia de Sistemas de la Tierra fue desarrollada por James Lovelock, principalmente presentada en su obra "Gaia". Según Lovelock (1979), se plantea la hipótesis de que la entidad viva más grande en la Tierra es el propio planeta. Según su opinión, la complejidad de los sistemas biológicos los hacía incomprensibles antes del desarrollo de la cibernética y la ingeniería moderna. En relación con la viabilidad, Lovelock propone tres conceptos que son pertinentes para el presente estudio: la homeostasis en la evolución, la cooperación entre especies y la belleza como atributo de aptitud.

El concepto de homeostasis, desarrollado por Cannon y aplicado por Wiener en los mecanismos de autorregulación, es empleado por Lovelock para comprender la dinámica de Gaia (pág. 44). Según la hipótesis de Gaia, la homeostasis consiste en la regulación de las condiciones físicas y químicas necesarias para sostener la vida en el planeta Tierra (págs. 45-46). Los seres vivos, de diversas dimensiones, poseen la habilidad de crecer, funcionar y lograr metas mediante procesos cibernéticos de prueba y error, los cuales siguen una heurística que también se observa en el proceso evolutivo. Esta idea se encuentra respaldada en las páginas 45 y 25. Los mecanismos de autorregulación en los seres humanos, como la regulación de la salinidad en la sangre y el control de la temperatura, guardan similitudes con los procesos de autorregulación del planeta, tal como se expone en las páginas 50 a 53. El desarrollo evolutivo descrito

por Lovelock (2003) se refiere a procesos fisiológicos coordinados en los que organismos y subsistemas trabajan de manera recíproca (1979, p. 23).

La biósfera terrestre desempeña funciones cooperativas fundamentales para su autorregulación, como se menciona en la página 40. Un ejemplo de esto es la supervivencia del maíz en suelos con deficiencia de fosfato gracias a la colaboración de bacterias, tal como se explica en la página 39. En el organismo humano, los órganos colaboran entre sí para mantener la homeostasis, como por ejemplo, el proceso de sudoración o temblor para regular la temperatura corporal. Este concepto se encuentra descrito en la página 52, mientras que el mecanismo de autorregulación térmica se explica en la página 51. Los microorganismos sencillos, como los corales, modifican su entorno para aumentar sus posibilidades de sobrevivir, lo cual ejemplifica los beneficios a gran escala de la colaboración entre organismos simples (pág. 91). Los microorganismos, como las algas marinas y los organismos del suelo, llevan a cabo el proceso de fotosíntesis en colaboración con descomponedores aeróbicos y microflora anaeróbica con el fin de regular el ciclo del carbono en el suelo (pág. 106). La hipótesis plantea que la presencia de asociaciones de especies que colaboran en la realización de funciones reguladoras es indicativa de la existencia de Gaia (pág. 135).

En una metateoría evolutiva, la tercera idea importante de Lovelock es que la aptitud con belleza favorece la supervivencia. El experto en ciberseguridad observó que la proporción guarda una relación con la estética y que esta a su vez está vinculada con la supervivencia. Además, se menciona que "Nuestros cuerpos están compuestos por cooperativas de células, donde cada núcleo alberga células en asociación con entidades más pequeñas en simbiosis" (p.135, traducción propia). En caso de que el resultado de esta asociación intensifique la percepción de la belleza, contribuirá a la supervivencia. De manera similar, la armonía del entorno, con una diversidad de seres vivos, incluyendo a la humanidad, debe ser propicia para garantizar la supervivencia. El autor llega a la conclusión de que la belleza se relaciona con niveles reducidos de entropía, así como con menor incertidumbre y vaguedad, como se expone en las páginas 134-135.

6. Simbiogénesis

La simbiogénesis, según la teoría evolutiva propuesta por Mereschkowsky en 1905 y 1910, así como por Famintzin en 1907, plantea que la simbiosis constituye un mecanismo evolutivo del cual surge una simbiosis permanente y hereditaria, como señaló von Faber en 1912. Según Margulis y Dolan (Early Life, 2001, p. 157), la simbiogénesis genera en los individuos una serie de características hereditarias, tales como órganos, rutas metabólicas, comportamientos y tejidos. La teoría propone una explicación sobre el origen de las mitocondrias y los cloroplastos en las células eucariotas. Según esta teoría, estos orgánulos eran bacterias autónomas en un principio, las cuales fueron parcialmente fagocitadas por las células eucariotas primitivas. Estas células retuvieron el ADN de las bacterias y se convirtieron en simbiotes que heredaron esas características.

Según Wallin (1927), las bacterias eran consideradas por él como el material del cual todos los organismos superiores se construían a través de la simbiosis. La microsimbiosis, según él, tiene la capacidad de generar estructuras en los sistemas vivos que pueden resultar en una diferenciación lo suficientemente significativa como para conducir a la especiación. La simbiogénesis se considera un factor crucial en el proceso de evolución de las especies. Además, se reconoce como un mecanismo hereditario. Aunque la selección natural puede dar cuenta de la diferenciación entre especies, es importante destacar que en la época de Darwin no existían teorías consolidadas sobre la herencia y la generación de variabilidad genética. La simbiogénesis complementa las leyes de la herencia mendeliana y las teorías genéticas al explicar la incorporación de genes adicionales, lo que resulta en una mayor variabilidad en la herencia. Según Wallin (1927, p. 121), la adquisición de nuevos genes en la evolución orgánica solo era posible a través de este mecanismo. Dentro de las opciones de transferencia horizontal de genes se encuentran la transducción a través de bacteriófagos (que da origen a la simbiogénesis), la transformación que implica la transferencia de ADN de una bacteria muerta a una viva, y la conjugación, en la cual se transfiere ADN de un donante a un receptor.

Mereshkowsky (1905, 1910) llegó a la conclusión de que un "árbol de la vida" debía reflejar los eventos simbiogénéticos, los cuales desempeñaron un papel fundamental en el origen de la vida. La versión contemporánea de la teoría es atribuida a Lynn Margulis (Sagan L., 1967), quien presentó una clasificación de los seres vivos en cinco reinos, partiendo de cuatro reinos eucariotas y avanzando hacia la complejidad actual a través de tres eventos simbiogénéticos. La evolución, según la teoría de la simbiogénesis, se desarrolla a través de la interacción de tres fenómenos principales: el potencial biótico, la simbiogénesis que produce variación y novedad hereditaria, y la selección natural tal como lo planteó Margulis (1998, p. 1527).

7. Autopoiesis y la deriva natural

La evolución a través de la deriva natural se fundamenta en el concepto de autopoiesis, según Maturana H. (2002) y Maturana & Varela (1972). La publicación original en español fue realizada por Maturana (Maturana & Varela, 1984, pág. cap 4), posteriormente se convirtió en una tesis independiente (Maturana & Mpodozis, 1992) y finalmente se tradujo al inglés y se publicó en la Revista Chilena de Historia Natural (Maturana-Romesín & Mpodozis, 2000). The term "drift" in English refers to the process of transformation that a system undergoes as it experiences a series of structural modifications or changes in position over time through a series of interactions. During this process, the system maintains its organization and adaptation, or operational alignment with its environment. Un sistema autopoietico se define como una entidad que forma parte de una red interna de producción de componentes. Estos componentes, a través de interacciones específicas, generan los mismos elementos que conforman al sistema. Los sistemas vivos, según Maturana y Varela (1972), son considerados sistemas autopoieticos, lo que implica que su existencia está determinada por su estructura. Estos sistemas solo se mantienen como tales si logran conservar su

organización (autopoiesis) y su congruencia operativa con su entorno (adaptación) a través de su funcionamiento e interacciones (Maturana-Romesín & Mpodozis, 2000, p. 263). La autopoiesis es una propiedad que se observa en organismos a nivel molecular, sin embargo, como principio, puede ser extrapolada a niveles supra-individuales y relacionales. En la evolución, la adaptación es el proceso central que se lleva a cabo a lo largo de la existencia de los individuos, garantizando el mantenimiento de la organización y la capacidad de adaptación. Según la teoría de Maturana y Mpodozis, el comportamiento juega un papel fundamental en la evolución tanto de los seres vivos a nivel histórico como a nivel individual (p.263). La evolución se define como el proceso de cambio en los sistemas biológicos, en el cual la organización autopoietica y adaptativa se mantiene constante en un entorno o medio, según lo mencionado en la página 276. La conservación de la adaptación y la organización de los sistemas vivos y su entorno determina su adaptación ante el continuo cambio, lo cual es evidente en las estructuras sistémicas. (p.276). Todos los seres vivos están sujetos a un proceso de cambio natural tanto a nivel individual, a través de su autopoiesis y adaptación durante su vida (llamado "deriva estructural ontogénica"), como a nivel de las generaciones de sistemas vivos (conocido como "deriva natural filogénica"). El vínculo específico entre el fenotipo y el nicho ontogénico a través de la reproducción es denominado linaje (p.307). La selección natural se define como un fenómeno secundario que contribuye a preservar la adaptación (p. 307). Maturana y Mpodozis conciben el proceso evolutivo como una deriva, ya que consideran que solo puede ser descrito por un observador. La generación de nuevos linajes en concordancia con el concepto de autopoiesis se atribuye a la generación espontánea y diversificación de linajes (p.279). En conclusión, este proceso es fundamental para la evolución de los sistemas biológicos.

8. Diferenciación de sistemas

Una interesante modificación en las teorías evolutivas que se alinean con el concepto de autopoiesis es la teoría de la diferenciación de sistemas propuesta por Jörg Räwel (Räwel, 2020). El sistema se diferencia a través de la autopoiesis y la deriva natural, según Maturana-Romesín y Mpodozis (2000). Sin embargo, el autor identifica ciertas limitaciones y sugiere un nuevo enfoque centrado en la capacidad de la reproducción sexual para generar diversidad en las especies. La teoría presentada integra los conceptos de autopoiesis y evolución, marcando una diferencia con la teoría desarrollada por Maturana y Mpodozis.

La teoría de la diferenciación de sistemas se enfoca en el desarrollo de la reproducción, la cual es fundamental para la preservación de un sistema autopoietico. La diferenciación del ecosistema en especies y poblaciones se produjo gracias a un cambio en la forma de reproducción, como la sexualidad, que implica recombinación genética. Este cambio permitió que el sistema se diferenciara de manera sistemática y autorreforzante.

La "invención" evolutiva de la reproducción sexual planteó un desafío para el ecosistema de la época desde una perspectiva funcionalista. La solución a este problema se encontró en la diferenciación del sistema y la subsiguiente aparición de poblaciones

y especies. La reproducción en los procariotas ha contribuido al incremento de la diversidad estructural del ecosistema mediante mutaciones y transferencias horizontales de genes, según lo planteado por Margulis en 1975.

Para explicar el cambio evolutivo, no es necesario ni factible enfocarse en los linajes. Para explicar la aparición de especies y formas diferenciadas de cambio evolutivo, como la "explosión cámbrica" o los "hot spots" de alta biodiversidad, es necesario adoptar una perspectiva supraindividual que trascienda los organismos individuales, según lo señalado por Rawel (2017) y Răwel (2020). La perspectiva mencionada respalda el concepto biológico de especie propuesto por Mayr y aborda el problema de las unidades de selección, el cual es considerado un falso dilema dentro del marco del individualismo metodológico predominante en la teoría evolutiva convencional según Dupré.

9. Conclusión

El estudio de los mecanismos evolutivos descubre una intrincada red de interacciones que impulsan el crecimiento y la variedad de la vida en la Tierra. La teoría de la selección natural de Darwin estableció la comprensión fundamental de cómo los organismos se adaptan a su entorno favoreciendo la supervivencia y reproducción de los individuos más adecuados. Al estudiar la selección sexual, podemos mejorar nuestra comprensión de cómo ciertos rasgos, como la elaborada cola del pavo real, contribuyen a la transmisión genética, incluso si no mejoran directamente la supervivencia.

La discusión de Stafford Beer sobre los principios cibernéticos proporciona un punto de vista detallado sobre la evolución, destacando las funciones reguladoras y los equilibrios homeostáticos presentes en los sistemas biológicos. Los conceptos destacan la conexión siempre cambiante entre los organismos y sus entornos, donde la adaptación y la evolución ocurren como procesos continuos influenciados por estímulos externos y mecanismos reguladores internos.

La importancia de las interacciones entre especies en los procesos evolutivos se pone de relieve por la simbiogénesis y las teorías de la cooperación. Las relaciones simbióticas entre organismos, que van desde bacterias básicas hasta eucariotas intrincados, ejemplifican cómo la cooperación conduce a transformaciones evolutivas sustanciales, como la aparición de mitocondrias y cloroplastos en las células eucariotas.

Los conceptos de autopoiesis y deriva natural proponen un paradigma en el que el cambio evolutivo se ve como un proceso continuo y adaptativo que se sostiene a través de la integridad de la estructura y la función. Este punto de vista es consistente con la teoría de la diferenciación de sistemas, que sugiere que la reproducción sexual y la recombinación genética son vitales para la diversificación de las especies y la complejidad de los ecosistemas.

El artículo enfatiza los aspectos complejos y variados de la evolución mediante la combinación de diferentes marcos teóricos. La narrativa evolutiva abarca una serie de procesos, entre los que se incluyen la herencia de características adquiridas, la aparición de nuevos genes a través de la simbiosis y la transferencia genética. Se caracteriza por un ciclo continuo de adaptación e innovación. Obtener una comprensión integral de

estos procesos no solo mejora nuestra comprensión y admiración del mundo natural, sino que también proporciona información valiosa para aplicaciones más amplias en campos como la inteligencia artificial, la teoría organizacional y las ciencias ambientales.

El estudio de la evolución proporciona una comprensión profunda de la robustez y flexibilidad de la vida, destacando la interdependencia de todos los sistemas vivos. A medida que se profundiza nuestra comprensión de los mecanismos evolutivos, obtenemos información sobre las fuerzas que influyen en la diversidad y complejidad de la vida en la Tierra.

Conflict of Interest Statement

No funding has been received for this study; this article is not a product of any consultancy; no travel grants, speaking fees, writing fees, or other Honoraria has been received; the article does not include any paid expert testimony; the subject of the article is not covered by any patent; the author is not a full or partial investor, proprietor, associate, of the sources this article is submitted to; no employment position is dependent of the publication of this article; nor the authors declare any conflict of interest.

10. References

- Ashby, W. R. (1968). The contribution of information theory to pathological mechanisms in psychiatry. *The British Journal of Psychiatry*, 114(517), 1485-1498.
- Beer, S. (1960). Cybernetics and management. *Journal of Symbolic Logic*, 25(3). doi:<http://doi:10.2307/2964690>
- Beer, S. (1972). *Brain of the firm*. Devon: Wiley. Retrieved from https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://agris.fao.org/agris-search/search.do%3FrecordID%3DUS201300488705&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=1&d=6459576379904445364&ei=F9tMYvf-DszBsQL6g4GYBA&scisig=AAGBfm1p06Jl7674LEHg1pKiEGsity6ZYQ
- Beer, S. (1975). *Platform for change, a message from Stafford Beer*. New York: John Wiley & Sons.
- Beer, S. (1979). *The heart of the Enterprise*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Beer, S. (1989). *The viable system model*. Chichester: Wiley. Retrieved from https://www.kybernetik.ch/dwn/Viable_System_Model.pdf
- Beer, S. (1992). Recursion zero: metamanagement. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 14(1), 51-56. doi:<https://doi.org/10.1177/014233129201400108>
- Beer, S. (1993). World in torment: A time whose idea must come. *Kybernetes*, 22(6), 15-43. doi:<https://doi.org/10.1108/eb005989>

- Beer, S. (1994). *Decision and Control: The meaning of operational research and management cybernetics*. London.: John Wiley & Sons. Retrieved from chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fsyscoi.com%2Fmodel.report%2Fknktr.org%2Fdown%2FStafford_Beer_Decision_and_Control_The_Meaning_of_Operational_Research_and_Management_Cybernetics_1995.pdf&chunk=true
- Bowler, P. J. (1983). *The eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian evolution theories in the decades around 1900*. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press.
- Campbell, D. T. (1997). From Evolutionary Epistemology Via Selection Theory to a Sociology of Scientific Validity. In E. b. Frankel, *Evolution and Cognition*, 3 (1) (pp. 5-38).
- Darwin, C. (1885). *The origin of species by means of natural selection: or, the preservation of favoured races in the struggle for life*. Devon: J. Murray.
- Dupré, J. (1994). Methodological individualism and reductionism in biology. *Canadian Journal of Philosophy*, Vol. 24 No. 1, 165-184. doi:10.1080/00455091.1994.10717398
- Famintzin, A. (1907). Die Symbiose als Mittel der Synthese von Organismen. *Biol. Centralbl* 27.12, 353-364.
- Holland, J. H. (1992). Complex Adaptive Systems. *Daedalus*, 121(1), 17-30. Retrieved from https://www.amacad.org/sites/default/files/daedalus/downloads/Daedalus_Wi92_A-New-Era-in-Computation.pdf#page=37
- Kauffman, S. (1993). *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. New York: Oxford University Press.
- Klir, J., & Valach, M. (1965). *Cybernetic Modelling*. London: ILIFFE books ltd.
- Lovelock, J. (2003). The living Earth. *nature*. vol 426, 18/25, 769-770.
- Lovelock's, J. (1979). *Gaia*. Oxford: Oxford University Press.
- Margulis, L. (1975). Symbiotic theory of the origin of eukaryotic organelles; Biology, criteria for proof. *Symposia of the Society for Experimental No.* 29, 21-38. Retrieved from <https://europepmc.org/article/med/822529>
- Margulis, L. (1998). *The symbiotic planet: a new look at evolution*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Margulis, L., & Dolan, M. (2001). *Early Life*. Sudbury: Jones & Bartlett PublishersInt.
- Maturana, H. (2002). Autopoiesis, structural coupling and cognition: a history of these and other notions in the biology of cognition. *Cybernetics & human knowing*, 9(3-4), 5-34. Retrieved from <https://www.ingentaconnect.com/content/imp/chk/2002/00000009/F0020003/121>
- Maturana, H., & Mpodozis, J. (1992). *Origen de las especies por medio de la deriva natural*. Chile: Dirección de bibliotecas archivos y museos. Retrieved from https://www.mnhn.gob.cl/sites/www.mnhn.gob.cl/files/images/articles-5281_archivo_01.pdf

- Maturana, H., & Varela, F. (1972). *De máquinas y seres vivos*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Maturana, H., & Varela, F. (1984). *El árbol del conocimiento*. Santiago, Chile.: Editorial Universitaria.
- Maturana-Romesín, H., & Mpodozis, J. (2000). The origin of species by means of natural drift. *Rev Chil Hist Nat*, 73(2), 261-310. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2000000200005>
- Mayr, E. (2001). *What Evolution Is*. London: Phoenix.
- Mereschkowsky, C. (1905). Über natur und ursprung der chromatophoren im pflanzenreiche. " *Biol Centralbl* 25, (593–604), 689–69.
- Mereschkowsky, C. (1910). Theorie der zwei Plasmaarten als Grundlage der Symbiogenesis, einer neuen Lehre von der Entstehung der Organismen. *Biologisches Centralblatt* 30, 278-288.
- Osejo-Bucheli, C. (2022a). Theory evaluation and formulation: a reply to Ludic Theory through A.N.Whitehead's Aesthetic Experience. *Philosophy of Management*. doi:<https://doi.org/10.1007/s40926-022-00194-4>
- Osejo-Bucheli, C. (2022b). Hallazgos epistemológicos en la investigación en gestión aplicando la crítica inmanente, desde el humanismo al currículo humanista. *Revista GEON 9(1)*, -en impresión-. doi:<https://orcid.org/0000-0002-6712-6228>
- Osejo-Bucheli, C. (2023). Adaptation in viable systems is an evolutionary process driven by the system's political identity. *Systems Research and Behavioral Science*. doi:<https://doi.org/10.1002/sres.2993>
- Osejo-Bucheli, C. (2023a). Contributions to anarchist-cybernetics, identifying committee directorates with Errico Malatesta's theory: Content analysis using dynamic causal diagrams and viable system modelling. *Kybernetes (14)1*. doi:10.1108/K-07-2022-0944
- Osejo-Bucheli, C. (2023b). The Viability Of Cooperative Societies From The Anarchist-Cybernetics Perspective: A Sistematic Review Of The Field And Research Opportunities. *Ing. Solidar; vol.19 no.3*, 1-33. doi:10.16925/2357-6014.2023.03.04
- Osejo-Bucheli, C. (2023c). Whiteheadian Experience in Beer's Cybernetic Model: Policy-making in Cooperative Societies. *Philosophy of Management*. doi:10.1007/s40926-023-00235-6
- Osejo-Bucheli, C. (2023d). Exploration of the relationship of viable systems, identity, and environment: extending the bionic analogy. *SciELO Preprints*, 1-19. doi:<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5410>
- Osejo-Bucheli, C. (2024a). Prefiguring the design of freedom: An informational theory approach to socio-political cybernetics; analysing the messages in 2021 Colombian uprisings. *ResearchSquare-Preprints*, 1-24. Retrieved from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.researchsquare.com/article/rs-3838623/v1.pdf>
- Rawel, J. (2017). The relationship between social and biotic evolution: the evolution of autopoietic systems. *Cybernetics & Human Knowing*, 24(1), 33-53. Retrieved

from

<https://www.ingentaconnect.com/content/imp/chk/2017/00000024/00000001/art00003>

Räwel, J. (2020). The origin of species through system differentiation: The evolution of living autopoietic systems. *Kybernetes*, 49(10), 2365-2383. doi:10.1108/K-03-2019-0141

Sagan, L. (1967). On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology* 14, 225-274.

von Faber, F. C. (1912). Das erbliche Zusammenleben von Bakterien und tropischen Pflanzen. *Biol. Centralbl* 27, 253–264.

Wallin, I. (1927). *Symbioticism and the Origin of Species*. Baltimore: Williams and Wilkins.

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.