

El origen estelar de la vida: una lectura científica y filosófica de la conexión cósmica

Julieta Mariana Muñoz-Morales¹ **iD**, Jair de Jesús Pineda-Pineda² **iD**, Jesús Muñoz-Rojas² **iD**, Luz Karla Hernández Vasquez^{2,3} **iD**, Ximena Gordillo-Ibarra^{4*} **iD**, Jesús Mauricio Muñoz-Morales^{4**} **iD**

¹Estudiante de Maestría en el Posgrado en Semiconductores, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. ²Grupo “Ecology and Survival of Microorganisms”, Laboratorio de Ecología Molecular Microbiana, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. ³Estudiante de la Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. ⁴Alianzas y Tendencias BUAP, Puebla, México.

Email de autores para correspondencia: *ximena.gordillo@aytbuap.mx; **mauricio.munoz@aytbuap.mx

Recibido: 31 mayo 2025. **Aceptado:** 09 junio 2025

RESUMEN

En este trabajo se explora la relación intrínseca entre el ser humano y el universo, basándose en una obra artística que simboliza la eterna búsqueda del origen cósmico. A través de una perspectiva transdisciplinaria que combina astrofísica, biología molecular, termodinámica y filosofía, se analiza la afirmación de que los elementos que componen la vida humana son los mismos que conforman las estrellas y galaxias. Se discute la noción de energía como principio fundamental de la existencia, así como la imposibilidad de alcanzar plenamente el origen, aunque éste permanezca como una fuerza guía. Finalmente, se reflexiona sobre la transformación como única certeza universal. El manuscrito se presenta como una metáfora visual y espiritual de la unidad entre el ser humano y el cosmos, sustentada en evidencia científica.

Palabras clave: origen del universo; astrofísica; vida estelar; energía; conexión cósmica; arte y ciencia; transformación.

ABSTRACT

This work explores the intrinsic relationship between human beings and the universe, based on an artistic piece that symbolizes the eternal quest for cosmic origins. Through a transdisciplinary perspective that combines astrophysics, molecular biology, thermodynamics, and philosophy, it examines the assertion that the elements making up human life are the same as those that constitute stars and galaxies. The concept of energy as a fundamental principle of existence is discussed, as well

as the impossibility of fully reaching the origin, even as it remains a guiding force. Finally, the work reflects on transformation as the only universal certainty. The manuscript is presented as a visual and spiritual metaphor of the unity between humanity and the cosmos, grounded in scientific evidence.

Keywords: Origin of the universe; astrophysics; stellar life; energy; cosmic connection; art and science; transformation.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales, el ser humano ha dirigido su mirada hacia el cielo en busca de respuestas sobre su origen, su propósito y su destino [1]. Las estrellas, con su fulgor distante y constante, han sido objeto de mitos, religiones, ciencias y poesías. Esta fascinación ha cruzado culturas y épocas, consolidando un hilo invisible entre la existencia humana y el vasto universo.

En este contexto, una obra artística contemporánea ofrece una representación simbólica de esta conexión: una mano extendida hacia un sol (Figura 1), un gesto que evoca tanto la creación como la búsqueda. La sangre, elemento vital que recorre el cuerpo humano, es presentada como metáfora de una continuidad química con las galaxias y los planetas. El mensaje central es claro: todo en el universo está interrelacionado, todo es energía, y todo se transforma.

Este artículo aborda científica y filosóficamente los conceptos que subyacen en esta obra. A través del análisis de datos de la cosmología moderna, la física de partículas, la evolución estelar y la biología molecular, se busca demostrar que la afirmación artística de que los

humanos compartimos los mismos elementos con las estrellas [2], es una verdad comprobable, aunque también profundamente simbólica.

Asimismo, se reflexiona sobre la idea de una "búsqueda eterna del origen", su imposibilidad epistemológica y su valor existencial [3]. Por último, se aborda el principio de la transformación como ley universal, anclada en la segunda ley de la termodinámica y en la evolución de la materia y la energía [4, 5].

LA CONEXIÓN ELEMENTAL ENTRE EL SER HUMANO Y LAS ESTRELLAS

El origen estelar de los elementos

Una de las afirmaciones más asombrosas, y al mismo tiempo mejor respaldadas por la astrofísica moderna, es que todos los elementos químicos que forman la materia de la que estamos hechos fueron forjados en el corazón de estrellas que murieron mucho antes del surgimiento del sistema solar [6]. Este proceso, conocido como nucleosíntesis estelar, consiste en la formación de elementos químicos más pesados a partir de reacciones de fusión nuclear en el núcleo de las estrellas [7-9].



Figura 1. Representación artística de la búsqueda eterna del origen del universo y de nosotros mismos como especie. La sangre que corre por nuestras venas comparte los mismos elementos básicos que dan forma a galaxias, estrellas y planetas. La mano con una conexión vital hacia un sol, representa esa búsqueda, imposible de alcanzar, pero siempre presente. Todo es energía, todo tiene una conexión con el origen y todo se transforma y esa es la única verdad que todos sabemos.

<https://www.aytbuap.mx/aytbuap-1038/portada-1038>

En las primeras etapas del universo, tras el Big Bang (hace aproximadamente 13.8 mil millones de años), solo existían los elementos más simples: hidrógeno, helio y trazas de litio [10, 11]. Estos no bastaban para formar vida compleja ni planetas rocosos. Fue necesario que nacieran las primeras estrellas [12], gigantes primordiales que vivieron pocos millones de

años, para que, en su interior, a temperaturas de millones de grados, fusionaran el hidrógeno en helio, luego el helio en carbono, oxígeno, neón, hasta llegar al hierro [13].

Cuando estas estrellas agotaban su combustible, colapsaban en forma de supernovas [14], procesos de muerte explosiva que esparcían estos elementos al espacio

interestelar, dando origen a nubes ricas en materia compleja que, eventualmente, formarían nuevos sistemas solares. Nuestro Sol, por ejemplo, pertenece a una generación posterior de estrellas, nacido a partir de esos residuos enriquecidos [15, 16].

La sangre como rastro estelar

El hierro, elemento fundamental en la hemoglobina que transporta oxígeno en nuestra sangre, es un ejemplo claro de esta conexión estelar [17]. El hierro no se forma por fusión nuclear en condiciones normales dentro del Sol; su presencia en la Tierra, y por ende en nosotros, solo es posible gracias a supernovas [18]. Esto significa que cada vez que respiramos, el oxígeno que es transportado por nuestra sangre gracias al hierro [19], lleva consigo una firma cósmica: somos, literalmente, hijos de las estrellas.

Además del hierro, los elementos como el carbono, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre, los llamados elementos CHONPS que componen la mayoría de las biomoléculas, también tienen su origen en estos procesos nucleares [20]. Cada célula humana es un relicario químico de reacciones que ocurrieron en lugares muy lejanos y hace mucho tiempo. Esta constatación ha llevado a astrofísicos como Carl Sagan a declarar: "Somos polvo de estrellas", frase que ha trascendido al dominio cultural por su carga poética y científica [21].

Somos parte de un ciclo cósmico

El concepto de ciclo es esencial en la ciencia

moderna. Desde los ciclos biogeoquímicos en la Tierra hasta los ciclos estelares que producen y reciclan materia, todo parece estar regido por transformaciones y retroalimentaciones [22, 23]. La vida humana, desde la concepción hasta la muerte, participa en estos ciclos de forma continua. Los átomos que forman nuestros cuerpos son prestados del cosmos y, eventualmente, regresarán a él.

Incluso la muerte, en este contexto, pierde su carácter absoluto: se convierte en una transformación. Cuando morimos, los átomos que nos componen se desintegran y reintegran al entorno, y eventualmente podrían formar parte de otro ser vivo, una roca, o un cometa [24]. Desde esta visión, la conexión con el origen no es una metáfora; es un hecho observable y medible.

LA MANO, EL SOL Y LA BÚSQUEDA DEL ORIGEN: INTERPRETACIÓN SIMBÓLICA Y CIENTÍFICA

El gesto ancestral de alcanzar el cielo

La imagen de una mano extendida hacia un sol remite a una larga tradición simbólica que recorre la historia del arte, la religión y la ciencia (Figura 1). Desde las pinturas rupestres en que manos humanas quedaban plasmadas como testigos del pensamiento [25], hasta el fresco de la Capilla Sixtina en que Dios toca a Adán [26], este gesto ha sido interpretado como el acto de crear, de buscar o de comprender algo superior.

Desde la biología evolutiva, la mano representa uno de los logros más importantes del linaje

primate: un órgano adaptado no solo para la manipulación física, sino para la creación de herramientas, la escritura y el arte [27, 28]. Extender la mano hacia el sol, fuente de luz, calor y vida [29]; es tanto un gesto físico como espiritual.

El Sol: padre y espejo de vida

En términos científicos, el Sol es una estrella de tipo espectral G2V, situada a 150 millones de kilómetros de la Tierra, cuya energía permite la existencia de la vida como la conocemos [30]. La fotosíntesis, la evaporación del agua, la formación de climas y la síntesis de vitamina D en nuestros cuerpos dependen directamente de él [29].

Pero hay más: el Sol es también un espejo de nuestra historia futura [31]. En unos 5 mil millones de años, se convertirá en una gigante roja y, finalmente, en una enana blanca, cerrando su ciclo de vida. En ese devenir, nos recuerda que incluso los cuerpos aparentemente eternos tienen un fin.

La imposibilidad de alcanzar el origen

La obra presente propone que el origen es inalcanzable, pero siempre presente (figura 1). Esta afirmación es compatible con los límites actuales de la ciencia. Aunque el modelo cosmológico del Big Bang explica muy bien la evolución del universo desde los primeros 10^{-35} segundos, aún no sabemos qué ocurrió antes de ese instante ni si el concepto de "antes" tiene sentido [11].

A nivel epistemológico, el "origen" se

comporta como una línea asintótica: un límite al que nuestras teorías pueden aproximarse indefinidamente, aunque quizás sin llegar a alcanzarlo plenamente en forma total o definitiva [32]. Como en las matemáticas, donde una función puede acercarse cada vez más a una asíntota (e incluso cruzarla en ocasiones) sin llegar a coincidir con ella a largo plazo, nuestro conocimiento avanza hacia ese origen, guiado por la intuición, la evidencia y la especulación. Esto no implica fracaso, sino una tensión fecunda entre lo conocido y lo desconocido. Es esa tensión la que impulsa la ciencia, la filosofía y el arte.

TODO ES ENERGÍA, TODO SE TRANSFORMA: FUNDAMENTOS FÍSICOS Y FILOSÓFICOS

El principio de conservación de la energía

Una de las leyes más fundamentales de la física es la ley de conservación de la energía, que establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma [33, 34]. Esta ley, formulada en el siglo XIX y confirmada por múltiples experimentos desde entonces, está en la base de todos los procesos físicos, desde una célula que respira hasta una estrella que colapsa [35, 36].

La energía del universo es constante, pero cambia de forma: luz en calor, movimiento en sonido, masa en radiación [37, 38]. Incluso la materia misma es una forma de energía, como lo expresa la famosa ecuación de Einstein: $E = mc^2$ [39]. Esta visión energética del mundo sugiere que la unidad subyacente del universo

no es la forma, sino la transformación.

La segunda ley de la termodinámica y la transformación universal

Mientras la primera ley habla de conservación, la segunda ley introduce el concepto de entropía, o tendencia al desorden [40]. Según esta ley, todo sistema cerrado evoluciona hacia estados de mayor entropía [41]. Aunque puede parecer pesimista, esta ley es la que hace posible la vida, ya que permite que existan gradientes de energía, y con ellos, trabajo, organización, metabolismo y evolución [42, 43].

La transformación, entonces, no es solo inevitable: es la condición misma de la existencia [44]. Nada permanece, todo fluye; como ya había intuido Heráclito [45]. Esta visión coincide con la afirmación de la obra presente: todo se transforma, y esa es la única verdad que todos sabemos, aunque no siempre sepamos expresarla.

Una verdad compartida: la intuición de lo cósmico

Tanto en ciencia como en espiritualidad, emerge una verdad que parece ineludible: estamos conectados con todo lo que existe [46–48]. Ya sea mediante campos gravitacionales, redes neuronales o interacciones sociales, ningún ser existe de manera aislada. Esa interconexión es el eje de muchas tradiciones filosóficas; como el Tao en China [49] o el concepto de Brahman en la India [50], y ahora también de las ciencias de la complejidad [51].

Comprendernos como parte de un sistema mayor, sujeto a leyes universales pero también portador de conciencia y creatividad, es quizás el mensaje más profundo de la obra presente; el más necesario en una época de fragmentación y crisis ecológica [52, 53].

CONCLUSIONES

La obra artística que dio origen a este artículo representa, con gran carga simbólica, una intuición profunda: la unidad fundamental entre el ser humano y el cosmos. Esta intuición, lejos de ser puramente metafísica, ha sido confirmada y ampliada por los avances científicos más significativos de los últimos siglos.

La conexión química entre la materia viva y las estrellas es un hecho empíricamente demostrable. Los elementos que fluyen en nuestra sangre fueron creados en el corazón de estrellas extintas hace miles de millones de años. Esta constatación nos sitúa en una narrativa cósmica que trasciende lo individual y lo inmediato: no estamos aislados en el universo, sino tejidos en su misma trama.

El gesto de la mano extendida hacia el Sol simboliza tanto la curiosidad humana como su limitación. Aunque quizás nunca logremos alcanzar el origen último de todo, el acto de buscarlo nos define. La ciencia, el arte y la filosofía emergen como formas distintas, pero complementarias, para expresar esa búsqueda.

Finalmente, el principio de transformación, sostenido por leyes físicas como la termodinámica y expresado en múltiples

sistemas filosóficos, ofrece una clave interpretativa: todo lo que existe está en constante devenir. Comprender, aceptar y celebrar esa transformación puede ser no solo una verdad científica, sino también una guía existencial.

Este artículo entrelaza conexiones entre la sensibilidad artística y la racionalidad científica, entre lo simbólico y lo verificable. En esa intersección, quizás podamos encontrar nuevas formas de conocernos, de cuidarnos y de situarnos en el universo con humildad y asombro.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses con el contenido de este manuscrito.

AGRADECIMIENTOS

A la VIEP-BUAP por el apoyo para llevar a cabo nuestras investigaciones. También agradecemos a la Dirección Internacionalización de la Investigación de la BUAP, quienes amablemente nos apoyan para que el conocimiento rebase las fronteras nacionales. Jesús Muñoz-Rojas pertenece al Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras por lo que agradece a la SECIHTI por el apoyo otorgado.

REFERENCIAS

[1]. Lartigue JL. The Universe, Origen and Destiny. *J Mod Phys*. 2018;09(09):1814–26. Disponible en:

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=86655>

[2]. Kwok S. The Link Between Stars and Life on Earth. Our Place in the Universe - II: The Scientific Approach to Discovery. In: Kwok S, editor. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 245–55. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-80260-8_23

[3]. Meretoja H. Narrative and human existence: Ontology, epistemology, and ethics. *New Lit Hist*. 2014;45(1):89–109. Disponible en: <https://muse.jhu.edu/article/543421>

[4]. Cohen IR, Marron A. The evolution of universal adaptations of life is driven by universal properties of matter: energy, entropy, and interaction. *F1000Research*. 2020;9:626. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32802320/>

[5]. Würtz P, Annala A. Ecological succession as an energy dispersal process. *Biosystems*. 2010;100(1):70–8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303264710000055>

[6]. Loeb A, Batista RA, Sloan D. Relative likelihood for life as a function of cosmic time. *J Cosmol Astropart Phys*. 2016;2016(08):40. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1606.08448>

[7]. Arnould M, Goriely S, Takahashi K. The r-process of stellar nucleosynthesis: Astrophysics and nuclear physics achievements and mysteries. *Phys Rep*. 2007;450(4):97–213. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/0705.4512>

- [8]. Prantzos N, Ekström S. Nucleosynthesis, Stellar. In: Gargaud M, Amils R, Quintanilla JC, Cleaves HJ (Jim), Irvine WM, Pinti DL, *et al.*, editors. Encyclopedia of Astrobiology. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. p. 1584–92. Disponible en: https://link.springer.com/rwe/10.1007/978-3-662-44185-5_1084
- [9]. Arcones A, Thielemann F-K. Origin of the elements. *Astron Astrophys Rev.* 2022;31(1):1. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00159-022-00146-x>
- [10]. Schwartz AW, Chang S. From Big Bang to Primordial Planet: Setting the Stage for the Origin of Life. In: Schopf JW, editor. *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution.* University of California Press; 2002. p. 46–77. Disponible en: <https://doi.org/10.1525/california/9780520233904.003.0003>
- [11]. Bojowald M. What happened before the Big Bang? *Nat Phys.* 2007;3(8):523–5. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nphys654>
- [12]. Sugimura K, Matsumoto T, Hosokawa T, Hirano S, Omukai K. The Birth of a Massive First-star Binary. *Astrophys J Lett.* 2020;892(1):L14. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ab7d37>
- [13]. Cayrel R. The first generations of stars. *Astron Astrophys Rev.* 1996;7(3):217–42. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00159-005-0005-0>
- [14]. Burrows A. Supernova explosions in the Universe. *Nature.* 2000;403(6771):727–33. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/35001501>
- [15]. Desch S, Miret-Roig N. The Sun's Birth Environment: Context for Meteoritics. *Space Sci Rev.* 2024;220(7):76. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-024-01113-x>
- [16]. Meyer BS, Clayton DD. Short-Lived Radioactivities and the Birth of the Sun. In: Benz W, Kallenbach R, Lugmair GW, editors. *From Dust to Terrestrial Planets.* Dordrecht: Springer Netherlands; 2000. p. 133–52. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005282825778>
- [17]. Fleck R. From Dust to Us: Our Cosmic Connection. In: Fleck R, editor. *We Are Stardust: Stellar Evolution and Our Cosmic Connection.* Cham: Springer Nature Switzerland; 2024. p. 143–57. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-67275-0_4
- [18]. Tsunemi H. Supernovae and supernova remnants. In: Bleeker JAM, Geiss J, Huber MCE, editors. *The Century of Space Science.* Dordrecht: Springer Netherlands; 2001. p. 937–60. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-0320-9_41
- [19]. Mairbäurl H, Weber RE. Oxygen Transport by Hemoglobin. *Compr Physiol.* 2012 Apr 1;2(2):1463–89. Disponible en:



<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cphy.c080113?msockid=2fa08a48afb36a8f2b698477ae916bb5>

[20]. Schaible MJ, Todd ZR, Cangi EM, Harman CE, Hughson KHG, Stelmach K. Chapter 3: The Origins and Evolution of Planetary Systems. *Astrobiology*. 2024 Mar 1;24(S1):S-57-S-75. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2021.0127>

[21]. Alvarez W. We Are Stardust ... Concentrated by Earth! *Expositions*. 2014;8(1):70–84. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/236190931.pdf>

[22]. Kleidon A. Beyond Gaia: Thermodynamics of Life and Earth System Functioning. *Clim Change*. 2004;66(3):271–319. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:CLIM.0000044616.34867.ec>

[23]. Bradley JA, Trivedi CB, Winkel M, Mourot R, Lutz S, Larose C, *et al.* Active and dormant microorganisms on glacier surfaces. *Geobiology*. 2023 Mar 1;21(2):244–61. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gbi.12535>

[24]. Bahrami H, Evans S. Recycling: Life after Death in the Ecosystem. *Super-Flexibility Knowl Enterp*. 2005;45–61. Disponible en: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/3-540-26731-X_4.pdf

[25]. Droste FG. Cave paintings of the Early Stone Age: The early writings of modern man.

Semiotica. 2014;2014(202):155–65. Disponible en: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/sem-2014-0035/html>

[26]. Porter R. A Reflection and Analysis on the ‘Creation of Adam’ Sistine Chapel Fresco. *Dep Theol Flinders Univ*. 2013;177(609):50–9. Disponible en: <https://biblicaltheology.com/Research/PorterR04.pdf>

[27]. Dunbar RIM, Shultz S. Understanding primate brain evolution. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2007 Feb 13;362(1480):649–58. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2346523/>

[28]. Zaidel DW. Art and brain: insights from neuropsychology, biology and evolution. *J Anat*. 2010 Feb 1;216(2):177–83. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7580.2009.01099.x>

[29]. Rothschild LJ. The sun: The impetus for life. In: Rothschild LJ, Lister AMBT-E on PE, editors. *Evolution on Planet Earth, The Impact of the Physical Environment*. London: Academic Press; 2003. p. 87–107. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780125986557500331>

[30]. Cang T. Detecting activity of late-type stars with spectropolarimetry and photometry. *Université Paul Sabatier - Toulouse III*; 2021. Disponible en: <https://theses.hal.science/tel-03847611>



- [31]. Schröder K-P, Connon Smith R. Distant future of the Sun and Earth revisited. *Mon Not R Astron Soc.* 2008 May 1;386(1):155–63. Disponible en: <https://academic.oup.com/mnras/article/386/1/155/977315>
- [32]. Tsokolov SA. Why Is the Definition of Life So Elusive? Epistemological Considerations. *Astrobiology.* 2009 May 1;9(4):401–12. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2007.0201>
- [33]. Hecht E. Energy Conservation Simplified. *Phys Teach.* 2008 Feb 1;46(2):77–80. Disponible en: <https://doi.org/10.1119/1.2834526>
- [34]. Wisniak J. Conservation of Energy. Readings on the Origins of the First Law of Thermodynamics. Part II. *Educación Química.* 2003;19(3):216-235. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2008000300010
- [35]. Yang X, Heinemann M, Howard J, Huber G, Iyer-Biswas S, Le Treut G, *et al.* Physical bioenergetics: Energy fluxes, budgets, and constraints in cells. *Proc Natl Acad Sci.* 2021 Jun 29;118(26):e2026786118. Disponible en: <https://www.pnas.org/syndication/doi/10.1073/pnas.2026786118>
- [36]. Majernik V. Energy Conservation at the Gravitational Collapse. *arXiv preprint astro-ph;* 2006. p. 0609313. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0609313>
- [37]. Hogan CJ. Energy Flow in The Universe. In: Crittenden RG, Turok NG, editors. *Structure Formation in the Universe: Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Structure.* Dordrecht: Springer Netherlands; 2001. p. 283–93. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/astro-ph/9912110>
- [38]. Bhushan S. The Cosmic Dynamics of Constructive Resonance, Energy Transformation and Alternating States of Universe: A Modified Systemic Perspective of Einstein Field Equations (EFE). *SSRN.* 2025;1–21. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5145905
- [39]. Bahr B, Lemmer B, Piccolo R. $E = mc^2$. In: Lemmer B, Bahr B, Piccolo R, editors. *Quirky Quarks: Mit Cartoons durch die unglaubliche Welt der Physik.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017. p. 241–4. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-49509-4_57
- [40]. Lieb EH, Yngvason J. A Guide to Entropy and the Second Law of Thermodynamics. *Not AMS.* 1998;45(5):571–81. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/math-ph/9805005>
- [41]. Karl F. A Free Energy Principle for Biological Systems. Vol. 14, *Entropy.* 2012. p. 2100–21. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1099-4300/14/11/2100>
- [42]. Sabater B. Entropy Perspectives of Molecular and Evolutionary Biology. Vol. 23, *International Journal of Molecular Sciences.* 2022. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/8/4098>
- [43]. Wankowicz SA, Fraser JS. Advances in



uncovering the mechanisms of macromolecular conformational entropy. *Nat Chem Biol.* 2025;21(5):623–34. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41589-025-01879-3>

[44]. Mikhailovsky GE, Levich AP. Entropy, Information and Complexity or Which Aims the Arrow of Time? Vol. 17, *Entropy.* 2015. p. 4863–90. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1099-4300/17/7/4863>

[45]. Dye JW. Heraclitus and the Future of Process Philosophy. In: Whittemore RC, editor. *Studies in Process Philosophy I.* Dordrecht: Springer Netherlands; 1974. p. 13–31. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-9808-3_2

[46]. Phillips JD. Why everything is connected to everything else. *Ecol Complex.* 2023;54–55:101051. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1476945X23000235>

[47]. Marx Reinhard Cardinal. “Everything is connected”: On the Relevance of an Integral Understanding of Reality in *Laudato Si’*. *Theol Stud.* 2016 May 12;77(2):295–307. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0040563916635116>

[48]. Dhiman S. The Case for Eco-spirituality: Everybody Can Do Something. In: Dhiman S, Marques J, editors. *Spirituality and Sustainability: New Horizons and Exemplary*

Approaches. Cham: Springer International Publishing; 2016. p. 1–16. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-34235-1_1

[49]. Peng K, Spencer-Rodgers J, Nian Z. Naïve Dialecticism and the Tao of Chinese Thought. In: Kim U, Yang K-S, Hwang K-K, editors. *Indigenous and Cultural Psychology: Understanding People in Context.* Boston, MA: Springer US; 2006. p. 247–62. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-28662-4_11

[50]. Ingalls D. The Brahman Tradition. *J Am Folk.* 1958 Jun 8;71(281):209–15. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/538556?seq=1>

[51]. O’Sullivan D. Complexity science and human geography. *Trans Inst Br Geogr.* 2004 Sep 1;29(3):282–95. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3804492?seq=1>

[52]. Dunlap A. The green economy as counterinsurgency, or the ontological power affirming permanent ecological catastrophe. *Environ Sci Policy.* 2023;139:39–50. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901122003197>

[53]. Dyer KD. Human development and family science: A story of disciplinary fragmentation and kinship. *J Fam Theory Rev.* 2025 Mar 1;17(1):12–28. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jft.r.12578?msocid=2fa08a48afb36a8f2b698477ae916bb5>