

## DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA EN TIEMPOS DE COMPLEJIDAD E INCERTIDUMBRE

## CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN PHYSICS TEACHER EDUCATION AMID COMPLEXITY AND UNCERTAINTY

## DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA EM TEMPOS DE COMPLEXIDADE E INCERTEZA

**Tarcilo Torres Valois\*** 

Torres Valois, T. (2025). Desafíos y oportunidades en la formación de profesores de física en tiempos de complejidad e incertidumbre. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 20(1), pp. xxx-xxx. <https://doi.org/10.14483/23464712.23138>

La educación en física enfrenta el reto de adaptarse a un mundo cada vez más incierto y complejo. Este desafío, según Covitt y Anderson (2022), exige una reformulación de las estrategias formativas, especialmente en la preparación de los futuros profesores de física. La diversidad de factores involucrados en este proceso impulsa la adopción de un enfoque sistémico, que se aleje de los paradigmas lineales tradicionales y abrace la teoría de los sistemas complejos. Esta teoría ofrece un marco invaluable para abordar fenómenos que trascienden el comportamiento predecible de los sistemas clásicos (Holland, 2014; Mitchell, 2009). Los sistemas complejos, que emergen de la interacción entre múltiples componentes, representan un desafío significativo tanto para docentes como para estudiantes, pero también brindan una oportunidad única para explorar la complejidad inherente del mundo físico y su enseñanza.

Los sistemas complejos abarcan múltiples escalas, desde el nivel subatómico hasta fenómenos macroscópicos como el clima o la dinámica de las redes biológicas. La educación en física debe, por lo tanto, incorporar una comprensión profunda de esta complejidad, permitiendo a los futuros profesores guiar a los estudiantes a través de un enfoque didáctico que privilegie la interconexión y la emergencia (Mitchell, 2009). En este sentido, la literatura especializada ha resaltado la necesidad de un enfoque renovado en la enseñanza de la física. Forsman et al. (2014) y Goldenfeld y Kadanoff (1999), por ejemplo, ofrecen contribuciones clave que conectan las leyes físicas con la complejidad del mundo real. Mientras que Goldenfeld y Kadanoff exploran cómo fenómenos como las olas del océano o los ecosistemas desafían la simplicidad de las leyes físicas, Forsman et al. (2014) enfatizan la complejidad inherente a las interacciones estudiantiles, subrayando la insuficiencia de los modelos teóricos tradicionales para capturar estas dinámicas complejas y la necesidad de una transformación curricular acorde con las nuevas realidades de la contemporaneidad.

Uno de los grandes retos en la formación de profesores de física es elegir el nivel adecuado de descripción al abordar los sistemas complejos (Goldenfeld & Kadanoff, 1999). Esto es crucial para asegurar que los futuros docentes comprendan tanto las interacciones locales como las emergencias globales que

---

\* Doctor y Máster en Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Antioquia, Colombia, [tarcilo.torres@udea.edu.co](mailto:tarcilo.torres@udea.edu.co), <https://orcid.org/0000-0002-0268-4878>.

caracterizan estos sistemas. En un mundo marcado por la incertidumbre, es imperativo que la educación en física trascienda los modelos simplistas y reconozca la importancia de los factores sociales, políticos y académicos que influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Forsman et al., 2014). De hecho, Krakauer (2024) sostiene que la ciencia de la complejidad no solo ofrece un nuevo marco para entender el mundo, sino que también es fundamental para abordar los desafíos educativos en física.

La necesidad de reimaginar la formación docente no es nueva, pero el contexto contemporáneo demanda un replanteamiento profundo del currículo. Como subraya la UNESCO (2021), la educación aún no ha logrado cumplir con su promesa de contribuir a un futuro pacífico, justo y sostenible. Para alcanzar este objetivo, la educación en física debe transformarse, integrando enfoques colaborativos y multidisciplinarios que fomenten la cooperación y la solidaridad. Este enfoque es esencial, dado que la creciente automatización, la inteligencia artificial (IA) y los cambios estructurales están reconfigurando los panoramas laborales a nivel global, incluidos los del profesorado de física.

La enseñanza tradicional de la física, centrada en la descomposición de sistemas complejos en partes más simples, ya no es suficiente para abordar los fenómenos del mundo moderno, como la turbulencia, las redes neuronales o el comportamiento climático (Holland, 2014; Ricca, 2012). La integración de simulaciones computacionales y modelos estocásticos ofrece una vía prometedora para facilitar la comprensión de estos conceptos complejos (Goldenfeld & Kadanoff, 1999). Herramientas de computación científica permiten a los estudiantes modelar y explorar fenómenos no lineales, proporcionando una base sólida para la comprensión de la autoorganización y otros fenómenos emergentes (Wilensky & Resnick, 1999).

Además de enriquecer la enseñanza de la física, la teoría de los sistemas complejos fomenta habilidades transversales como el pensamiento sistémico y la capacidad de modelación analítica y sintética. Estas competencias, fundamentales en un mundo interconectado, permiten a los futuros profesores aplicar conceptos de física a una amplia gama de problemas en áreas como la ecología, la economía y la epidemiología (Bar-Yam, 2002; Yam & Barabási, 2020). En este sentido, el enfoque transdisciplinario es clave para formar docentes que comprendan la naturaleza interrelacionada del conocimiento.

Un enfoque integral de la enseñanza de la física no solo prepara a los estudiantes para resolver problemas abstractos, sino que también les brinda las herramientas necesarias para enfrentar la complejidad del mundo real (Newman, 2011). Proyectos de modelado colaborativo, problemas abiertos e indefinidos y el uso de herramientas modernas de análisis de datos permiten a los estudiantes desarrollar una comprensión profunda de los sistemas complejos, fomentando habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo en equipo, esenciales para cualquier profesor de física.

Así, la integración de la teoría de sistemas complejos en la formación de profesores de física no solo amplía el horizonte conceptual de los estudiantes, sino que también les proporciona herramientas fundamentales para enfrentar los desafíos de un mundo cada vez más interconectado y complejo (Yam & Barabási, 2020). Es crucial que esta integración sea equitativa, asegurando que todos los estudiantes, independientemente de sus conocimientos precedentes y condiciones actuales, tengan acceso a estas innovaciones didácticas (Wilensky & Resnick, 1999). De esta manera, la educación en física podrá cumplir su promesa de preparar a futuros ciudadanos capaces de comprender y gestionar la complejidad del mundo que les rodea.

## Referencias

Bar-Yam, Y. (2002). *Dynamics of complex systems*. Perseus Publishing.

- Covitt, B. A., & Anderson, C. W. (2022). Addressing complexity in science education. *Journal of Science Teacher Education*, 33(3), 239-258.
- Forsman, J., Moll, R., & Frasson, C. (2014). Exploring complexity in student interactions through network analysis. *Educational Technology Research and Development*, 62(3), 275-296.
- Goldenfeld, N., & Kadanoff, L. P. (1999). Simple lessons from complexity. *Physics Today*, 52(11), 32-39.
- Holland, J. H. (2014). *Complexity: A very short introduction*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/actrade/9780199662548.001.0001>
- Krakauer, D. C. (2024). *The complexity of education: A new paradigm for teaching and learning*. Cambridge University Press.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A guided tour*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/actrade/9780199662548.001.0001>
- Newman, M. (2011). *Networks: An introduction*. Oxford University Press.
- Ricca, B. (2012). Beyond teaching about nature of science: science education and the complexity crisis. *Science & Education*, 21(1), 145-153.
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO.
- Wilensky, U., & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 3-19. <https://doi.org/10.1023/A:1009421303064>
- Yam, Y., & Barabási, A.-L. (2020). *Network science*. Cambridge University Press.