

Aplicaciones de la Visualización Científica

Ricardo Esteban Lopera Vasco
Universidad Nacional de Colombia

September 14, 2025

La visualización científica se ha consolidado como una herramienta esencial para afrontar los desafíos que presentan los grandes volúmenes de datos generados en la investigación moderna. Mediante la aplicación de técnicas y fundamentos de la computación gráfica, ha sido posible establecer un lenguaje visual universal que facilita la comprensión de fenómenos complejos.

Actualmente, la visualización científica trasciende la mera representación de datos, pues juega un papel crucial en la exploración interactiva y el análisis de información. Esto permite que científicos, profesionales y tomadores de decisiones obtengan perspectivas valiosas (insights) de manera más eficiente.

Su relevancia ha impulsado su adopción en una amplia gama de disciplinas donde la capacidad de interpretar y comunicar resultados visualmente es vital para el progreso científico y tecnológico. Esta importancia se acentúa en la era actual, en la que múltiples industrias avanzan hacia la digitalización y la automatización de procesos. Un ejemplo de ello es el análisis presentado por Zhang et al. [4], quienes exploran el estado del arte y las perspectivas futuras de la visualización de grandes volúmenes de datos en el sector industrial.

El Impacto de la Visualización en la Investigación Científica

La visualización científica ha impactado profundamente la producción de investigación, transformando la manera en que se comprenden los datos complejos, facilitando nuevos descubrimientos y proporcionando herramientas esenciales en numerosas disciplinas.

Comprensión de Fenómenos Complejos

La visualización es fundamental para asimilar las enormes cantidades de información que se generan en la ciencia, la biomedicina y la ingeniería. Al aprovechar la percepción visual humana, permite que la información sea procesada órdenes de magnitud más rápido que leyendo cifras o texto en crudo. Esto resulta clave para entender modelos complejos, como

los sistemas fisiológicos humanos, los cambios climáticos a lo largo de siglos, los mercados financieros o las simulaciones multidimensionales [2]. En el ámbito industrial, ayuda a los expertos a explorar procesos intrincados y a tomar decisiones más eficientes.

Generación de Conocimiento y Colaboración Interdisciplinaria

Al representar problemas complejos como la dinámica de un huracán o las imágenes biomédicas, la visualización genera nuevo conocimiento que trasciende las fronteras disciplinarias tradicionales [2]. Sus avances inevitablemente impulsan el progreso en otros campos, de forma similar a como las matemáticas se volvieron indispensables en la ciencia. En la ciencia de datos, por ejemplo, es un pilar para convertir grandes volúmenes de datos en conocimiento aplicable [1]. Además, al hacer accesibles conceptos difíciles, fomenta la colaboración entre científicos de diversas áreas, estimulando la creatividad y el intercambio de ideas.

Aplicaciones en Áreas Específicas de Investigación

La visualización es una herramienta crucial en tareas científicas concretas. Para los biólogos estructurales, es vital para entender la estructura de los virus a partir de datos de criomicroscopía electrónica. En la investigación de fusión nuclear, permite experimentar con fenómenos complejos como las disrupciones en un tokamak, lo que ayuda a desarrollar mejores técnicas de mitigación. En salud pública, ayuda a procesar grandes volúmenes de datos para vigilar la propagación de enfermedades. En el campo del aprendizaje automático (ML), es esencial para depurar, comparar y explicar el comportamiento de los modelos [1]. Su aplicación se extiende también a la genómica, donde interfaces interactivas como Gin han demostrado ser transformadoras para el estudio de la estructura 3D del genoma [3], y a procesos industriales como la siderurgia o el diseño de nuevos materiales [2].

Impulso a la Infraestructura y la Investigación Futura

El desarrollo del campo se ha acelerado gracias a iniciativas de código abierto como el *Visualization Toolkit* (VTK), que ofrecen software reutilizable y fomentan una comunidad global de usuarios y desarrolladores. La disponibilidad de hardware gráfico potente y asequible también ha democratizado el acceso a estas tecnologías. Hoy, la investigación se enfoca en nuevos desafíos, como la fusión de datos multimodales y la integración de algoritmos de inteligencia artificial. Tecnologías inmersivas como la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (VR) están demostrando un inmenso valor, al ofrecer formas más intuitivas de explorar datos 3D complejos. La inversión continua en esta área es crítica

para mantener la competitividad y asegurar el ritmo de los descubrimientos científicos en el futuro.

Aplicaciones específicas

- **Procesos Industriales y Manufactura:** En este sector, la visualización es crucial para optimizar la producción. Permite la supervisión en tiempo real y el diagnóstico de fallas en líneas de ensamblaje, desde la metalurgia hasta la fabricación de baterías [4], garantizando la calidad. Además, facilita la optimización de parámetros, la planificación de la producción y la toma de decisiones estratégicas en logística y diseño de fábricas. Finalmente, apoya en el diseño de productos, el mantenimiento predictivo y la capacitación mediante gemelos digitales y realidad aumentada (RA).
- **Ciencias Biomédicas y de la Vida:** Es una herramienta fundamental para la investigación moderna. En genómica y biología molecular, se utiliza para explorar la estructura 3D del genoma, analizar proteínas y virus, y comprender complejas interacciones metabólicas. En medicina y fisiología, permite visualizar la anatomía humana a partir de tomografías (TC) y otros escáneres, monitorear la propagación de enfermedades infecciosas a nivel regional, y analizar datos de microscopía en tiempo real para estudiar la dinámica celular [3].
- **Ingeniería, Diseño y Ciencias Ambientales:** En ingeniería, resulta clave para la simulación de fenómenos complejos como la aerodinámica de un ala de avión, la dinámica de fluidos en motores de cohete, y el diseño de productos en entornos de realidad virtual [5] (VR). En ciencias ambientales, permite modelar cambios climáticos a lo largo de siglos, analizar datos agrícolas y ecológicos, y monitorear desastres naturales como incendios forestales [1], integrando la incertidumbre de los datos [5].
- **Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático:** La visualización es indispensable para interpretar, depurar (*debugging*) y comparar el rendimiento de modelos de aprendizaje automático. Facilita el descubrimiento de patrones ocultos (*insights*) en grandes volúmenes de datos, la generación de recomendaciones automáticas y la creación de narrativas visuales (*data stories*) para comunicar resultados a audiencias no especializadas, siendo una pieza clave en la analítica de datos moderna [1].
- **Investigación y Comunicación Científica:** Como herramienta de investigación, facilita la exploración cualitativa y cuantitativa de datos, permitiendo generar conocimiento que trasciende las fronteras disciplinarias [2]. En comunicación, transforma la manera de compartir la ciencia: utiliza animaciones para explicar procesos complejos (como el ciclo de vida del VIH) [3], mejora el alcance público a través de contenido

visual en redes sociales, y promueve el desarrollo de publicaciones científicas interactivas que superan las limitaciones del formato estático.

References

- [1] Gennady Andrienko, Natalia Andrienko, Steven Drucker, Jean-Daniel Fekete, Danyel Fisher, Stavros Idreos, Tim Kraska, Guoliang Li, Kwan-Liu Ma, Jock D. Mackinlay, Antti Oulasvirta, Tobias Schreck, Heidrun Schumann, Michael Stonebraker, David Auber, Nikos Bikakis, Panos K. Chrysanthis, George Papastefanatos, and Mohamed A. Sharaf. Big data visualization and analytics: Future research challenges and emerging applications. In Aleksander Buda, Angela Gazzo, Ernesto Jiménez-Ruiz, Grzegorz Litwin, Irlan Mami, Juan F. Sequeda, Marco Serafini, Martin G. Skjæveland, Łukasz Szärsk, i, Georgios Tsalmpouris, and Akrivi Vlachou, editors, *Proceedings of the Workshops of the EDBT/ICDT 2020 Joint Conference*, volume 2583 of *CEUR Workshop Proceedings*. CEUR-WS.org, 2020.
- [2] Robert J. Moorhead and Ming Zhu. Visualization research challenges. *Computer Graphics and Applications*, 26(5):20–26, 2006.
- [3] Shraddha Nayak and Janet H. Iwasa. Preparing scientists for a visual future: Visualization is a powerful tool for research and communication but requires training and support. *EMBO reports*, 20(e49347), 2019.
- [4] L. Zhang, M. Chen, and X. Wang. Visualization of industrial big data: State-of-the-art and future perspectives. *Journal of Industrial Information Integration*, 35:100456, 2025.
- [5] Yue Zhang, Zhenyuan Wang, Jinhui Zhang, Guihua Shan, and Dong Tian. A survey of immersive visualization: Focus on perception and interaction. *Visual Informatics*, 7(4):22–35, 2023.