

Transformaciones educativas a través de 'aulas vivas': aprovechando la bioinformática.

Alejandro Cueto Becerra^{1, 2, a}, Juan David Sánchez-Calderón³,
Clara Gilma Gutiérrez Castañeda³

1. Grupo de Investigación Gestión Ecológica y Agroindustrial. GEA. Joven Investigador. Universidad Libre Seccional Barranquilla – Colombia. 2. Unidad de Bioquímica y Biología Molecular, Departamento de Biología de Sistemas, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares, Madrid, España. 3. Grupo de Investigación Gestión Ecológica y Agroindustrial. Programa de Microbiología. Facultad de Ciencias de la Salud, Exactas y Naturales. Universidad Libre Seccional Barranquilla - Colombia.

a. alejo.1311@hotmail.com

Palabras clave: Biotecnología; Biología molecular; Enseñanza multimedia; Informática educativa; Servicio educativo itinerante;

Keywords: Biotechnology; Molecular biology; Multimedia instruction; Computer uses in education; Mobile educational services

Resumen

La bioinformática es una herramienta transformadora en las prácticas educativas, permitiendo la conceptualización de las 'aulas vivas' en los marcos educativos. En el siglo XXI, el reto ha estado encaminado a pronosticar y asociar la información disponible, en particular en la biología, y la predicción de la vasta colección de datos continuamente despertar dilemas frente a la relevancia de las funciones biológicas in vivo. La incorporación de la bioinformática confiere al aprendizaje una relevancia para el mundo industrializado, lo que permite a los alumnos abordar los desafíos biológicos contemporáneos principalmente en el mundo productivo. Al involucrar a los jóvenes en la bioinformática, los educadores inculcan la pasión por el aprendizaje permanente y la investigación científica. Sin embargo, la bioinformática se erige como una fuerza transformadora en las prácticas educativas a través de 'aulas vivas' donde los estudiantes interactúan activamente con datos y conceptos biológicos. Aprovechar todo el potencial de la bioinformática en la academia requiere esfuerzos concertados para abordar desafíos como el acceso a recursos computacionales, la capacitación de educadores y el desarrollo curricular. En el panorama en constante evolución de la investigación biológica, la educación en bioinformática sirve como piedra angular para cultivar la próxima generación de científicos equipados con habilidades, conocimiento y mentalidad para enfrentar los complejos desafíos actuales.

Abstract

Bioinformatics is a transformative tool in educational practices, allowing the conceptualization of 'living classrooms' in educational frameworks. In the 21st century, the challenge has been to forecast and associate the available information, particularly in biology, and prediction of the vast collection of data continually raises dilemmas regarding the relevance of biological functions in vivo. The incorporation of bioinformatics gives learning a relevance for the industrialized world, allowing students to address contemporary biological challenges mainly in the productive world. By engaging young people in bioinformatics, educators instill a passion for lifelong learning and scientific research. However, bioinformatics stands as a transformative force in educational practices through 'living classrooms' where students actively interact with biological data and concepts. Harnessing the full potential of bioinformatics in academia requires concerted efforts to address challenges such as access to computational resources, educator training, and curriculum development. In the ever-evolving landscape of biological research, bioinformatics education serves as a cornerstone for cultivating the next generation of scientists equipped with the skills, knowledge, and mindset to meet today's complex challenges.

Cita: Cueto Becerra, Alejandro; Sánchez-Calderón, Juan David; Gutiérrez Castañeda, Clara Gilma (2024) Transformaciones educativas a través de 'aulas vivas': aprovechando la bioinformática. *dianas* 13 (2): e202409shc01. ISSN 1886-8746 (electronic) journal.dianas.e202409shc01 <https://dianas.web.uah.es/journal/e202409shc01>. URI <http://hdl.handle.net/10017/15181>

Copyright: © Cueto-Becerra A, Sánchez-Calderón JD, Gutiérrez-Castañeda CG. Algunos derechos reservados. Este es un artículo open-access distribuido bajo los términos de una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

En la era de la recopilación de datos concatenada a los vertiginosos avances tecnológicos para su obtención, la bioinformática ha surgido como una herramienta transformadora en las prácticas educativas. La integración de las tecnologías de la información y los medios de comunicación en los marcos educativos han permitido conceptualizar las "aulas vivas"^{1,2}, qué más allá de representar espacios donde los estudiantes pueden interactuar activamente con datos, en el área de la biología han logrado dinamizar los procesos de entendimiento frente a muchos procesos naturales, que por la condición de su ejemplificación práctica suelen estar restrictivos al factor tiempo^{3,4}. Los beneficios multifacéticos de la incorporación de la bioinformática en las últimas décadas han abogado por su adopción generalizada para cultivar el

pensamiento crítico, las habilidades de resolución de problemas y una comprensión más profunda de los conceptos entre los discentes⁵.

Los enfoques educativos tradicionales a menudo luchan por seguir el ritmo del panorama dinámico de la investigación biológica⁶. Sin embargo, la bioinformática ofrece una solución al cerrar la brecha entre la teoría y la aplicación. Como campo interdisciplinario, la bioinformática aprovecha herramientas y técnicas computacionales para analizar vastos conjuntos de datos biológicos, proporcionando información invaluable sobre fenómenos naturales complejos. Al integrar la bioinformática en las prácticas educativas, se ha demostrado cómo los educadores pueden crear entornos de aprendizaje inmersivos que reflejen las realidades de los laboratorios de investigación modernos^{5,7}.

El término "bioinformática" fue acuñado por Paulien Hogeweg y Ben Hesper en 1970 para describir el estudio de los procesos informáticos en sistemas bióticos⁸. Sin embargo, en ese momento, es quizá imaginable que los autores no pudiesen haber imaginado el crecimiento explosivo que experimentaría el campo en las siguientes décadas. La bioinformática no sólo ha crecido hasta convertirse en un término general para las aplicaciones teóricas y prácticas de la informática en problemas biológicos, sino que también es una metodología clave que ha impulsado la investigación moderna y ha dado origen a la era de la genómica y la medicina personalizada⁹. Hoy en día, la mayor aplicación de la bioinformática se puede encontrar en los análisis genómicos en humanos, animales y organismos microbianos. Uno de los proyectos pioneros a nivel global como estandarte de la bioinformática fue el Proyecto Genoma Humano, una colaboración multinacional para secuenciar el genoma humano, que más de representar una interacción multilateral entre centros de investigación, cimentó las bases para la consolidación de la información, la reserva, responsabilidad y el tratamiento de los datos a nivel mundial¹⁰.

Si bien el Proyecto Genoma Humano suele ser reconocido y referenciado a nivel mundial como el catalizador de todas las tecnologías que permitiesen a posteriori la generación y recolección de datos de alguna manera no solo más eficiente sino más económica, este proyecto y junto a muchos otros proyectos genómicos siguientes han llevado la dicotomía de la era digital donde, la creación de miles de gigabytes de datos de secuencia suelen ser eclipsados por los procesos lentos para su análisis¹¹. Así, en el siglo XXI el reto ha estado encaminado a pronosticar y asociar la información disponible, donde en el caso particular de la biología, la predicción de la vasta colección de datos continuamente suelen despertar múltiples dilemas frente a la relevancia de las funciones *in vivo*^{9,12}.

El problema pragmático de la obtención de datos de carácter biológico entonces no solo estaría enfocado a los medios tecnológicos para su obtención y análisis¹³, sino que representaría un reto cultural para su inmersión en las políticas educativas. Algo tan sencillo como el manejo lingüístico y semántico ha permitido que la bioinformática comienza a permear los currículos no solo de los planes curriculares especializados, sino que poco a poco haga parte del léxico cotidiano. Un claro ejemplo es la incorporación de la sigla PCR como método de diagnóstico molecular, que antes de la pandemia del COVID-19 era desconocida para la gran mayoría de la población. Quizá el término "bioinformática" hoy puede llegar a tener algunos debates desde el punto de vista de la inmersión educativa, sin embargo, "biotecnología" como concepto tradicional más amplio ha logrado articularse contextos más allá de la academia.

Si bien las universidades han surgido como centros de abordaje filosófico del conocimiento mismo, uno de los principales problemas frente a su integración dados los sistemas productivos ha estado asociado a solventar desafíos utilitarios¹⁴⁻¹⁶. Una de las principales ventajas que se ha demostrado de incorporar la bioinformática en la educación es su capacidad para mejorar el pensamiento crítico y las habilidades de resolución de problemas^{17,18}. A través de la exploración práctica de bases de datos biológicas y análisis computacionales se desarrollan competencias en interpretación de datos, generación de hipótesis y diseño experimental. Por ejemplo, Badotti y colaboradores (2014)¹⁹ demostraron que los discentes expuestos a ejercicios de bioinformática mostraron mejoras significativas en sus habilidades de resolución de problemas en comparación con la instrucción tradicional basada en conferencias o aula magistral.

Sin lugar a duda la experiencia ha permitido demostrar que la bioinformática trasciende las fronteras disciplinarias y fomenta la colaboración más allá de los profesionales formados en biología, informática, matemática o estadística. Al sumergir a los jóvenes en este entorno interdisciplinario, los educadores cultivan una comprensión holística de los procesos ecosistémicos mientras fomentan el trabajo en equipo y las habilidades de comunicación. Cabe destacar que una publicación de Stangherlin Machado *et al.* (2017) se enfatizó el papel de la colaboración interdisciplinaria en la educación bioinformática frente a la toma de decisiones²⁰, lo que podría ser destacable para la preparación potencial de las nuevas generaciones frente al abordaje en carreras de investigación e industria.

La incorporación de la bioinformática en las prácticas educativas confiere al aprendizaje una relevancia para el mundo industrializado, lo que permite a los jóvenes abordar los desafíos ambientales contemporáneos²¹⁻²³. Al analizar datos genómicos, los estudiantes obtienen conocimientos sobre la variación genética, la dinámica evolutiva y los mecanismos de las enfermedades. Además, las herramientas bioinformáticas permiten explorar campos emergentes como la medicina personalizada y la biología sintética, lo que permite vislumbrar el futuro de la biotecnología. Por ejemplo Machluf *et al.* (2013)

subrayaron la importancia de la aplicación del “mundo real”²⁴ en la educación bioinformática, citando su impacto motivacional en contextos académicos.

Un punto para resaltar frente a los abordajes educativos de la educación en bioinformática sigue siendo su ágil abordaje frente a los rápidos avances tecnológicos, lo que refleja la naturaleza dinámica del campo mismo. A medida que las herramientas computacionales evolucionan, los educadores pueden integrar sin problemas el software y las bases de datos más recientes en su plan de estudios, garantizando que los discentes estén equipados con habilidades de vanguardia. Wilson Sayres *et al.* (2018)²⁵ resaltaron la importancia de adaptar las estrategias educativas a los cambios tecnológicos, enfatizando el papel de la bioinformática en el fomento de la alfabetización computacional.

Al involucrar al alumnado en la bioinformática, los formadores inculcan la pasión por el aprendizaje permanente y la investigación científica. La naturaleza iterativa de la bioinformática anima a perfeccionar continuamente sus habilidades y explorar nuevas preguntas de investigación de forma independiente. Además, la exposición a la bioinformática permite navegar por el vasto panorama de datos biológicos más allá de los límites del aula. Además ya se ha demostrado que la educación en bioinformática fomenta una cultura de curiosidad y exploración intelectual entre los jóvenes, sentando las bases para un compromiso científico de por vida²⁶⁻²⁹.

Si bien la integración de la bioinformática en la educación es inmensamente prometedora, también presenta ciertos desafíos y consideraciones. El acceso a recursos computacionales, la capacitación de educadores y el desarrollo curricular se encuentran entre las cuestiones clave que deben abordarse para garantizar un acceso equitativo y una implementación efectiva³⁰. Además, la naturaleza interdisciplinaria de la bioinformática requiere la colaboración entre departamentos e instituciones, lo que destaca la importancia de fomentar asociaciones y compartir las mejores prácticas. Ello se ha reflejado por ejemplo como con Atwood, *et al.* (2015)³¹, donde se enfatizaron la necesidad de estructuras de apoyo integrales para superar estos desafíos y maximizar el impacto de la educación en bioinformática.

Conclusiones

Sin lugar a duda la bioinformática se erige como una fuerza transformadora en las prácticas educativas, presagiando la llegada de "aulas vivas" donde los estudiantes interactúan activamente con datos y conceptos en ciencia. A través de la integración de la bioinformática, los educadores pueden desbloquear una gran cantidad de oportunidades para cultivar el pensamiento crítico, fomentar la colaboración interdisciplinaria e inculcar entre el alumnado una pasión permanente por la investigación científica. De esta manera, la naturaleza dinámica de la bioinformática no sólo refleja las realidades de la investigación moderna, sino que también permite a las nuevas generaciones surcar las complejidades del panorama biológico con confianza y competencia. Al sumergir a los discentes en análisis computacionales prácticos y aplicaciones del sector productivo, la instrucción en bioinformática trasciende los límites tradicionales y prepara a los jóvenes para los desafíos y oportunidades de la era digital.

Mientras imaginamos el futuro de la educación, la bioinformática emerge como uno de esos faros de creación e innovación que puede ofrecer un camino para cerrar la brecha entre la teoría y la práctica. Sin embargo, aprovechar todo el potencial de la bioinformática en la academia requiere esfuerzos concertados para abordar desafíos como el acceso a recursos computacionales, la capacitación de educadores y el desarrollo curricular. Además, fomentar la colaboración interdisciplinaria y compartir las mejores prácticas son esenciales para garantizar el acceso equitativo y maximizar el impacto de la educación en bioinformática en diversos entornos educativos.

En el panorama en constante evolución de la investigación biológica, la educación en bioinformática sirve como piedra angular para cultivar la próxima generación de científicos, equipados con las habilidades, el conocimiento y la mentalidad para enfrentar los complejos desafíos del siglo XXI. A medida que aprovechamos el poder de la bioinformática para transformar las prácticas educativas, se embarca en un viaje hacia un futuro en el que cada aula sea un centro dinámico de descubrimiento e innovación científicos. La bioinformática entonces abraza la promesa de liberación potencial ilimitado que las "aulas vivas" representan, inspirando y empoderando a las generaciones venideras.

Bibliografía

1. Mancia, J. R., Capellari, C. & Janaina de Oliveira, R. Aulas Vivas.
2. Jaimés Jimenez, J. E. & Vivas García, M. Percepciones de los Docentes Universitarios sobre las Tecnologías de la Información y la Comunicación. (2011).
3. Valente, N. C. O Uso de Tecnologias da Informação e Comunicação na sala de aula-as partes e o todo: ensinando biologia como uma ciência autónoma durante a pandemia.
4. Camelo, J. S., da Silva, M. Á. G., de Jesus Lopes, E. & Júnior, R. A. R. O uso de novas tecnologias e metodologias ativas nas práticas laboratoriais do ensino de Biologia. *Série Educar-Volume 3 Tecnologia* 36.
5. Iqbal, N. & Kumar, P. From data science to bioscience: emerging era of bioinformatics applications, tools and challenges. *Procedia Comput Sci* **218**, 1516–1528 (2023).

6. García, M. L. & Ortega, J. G. M. Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias* **6**, 562–576 (2007).
7. Ranganathan, S. Bioinformatics education—perspectives and challenges. *PLoS Comput Biol* **1**, e52 (2005).
8. Guerrero-Sánchez, V. M. Integration of Bioinformatics to molecular research in forest species: the case of Holm oak (*Quercus ilex*). (2020).
9. Cuartas, J. R. Desafíos de la educación en salud en el siglo XXI. *Revista Cuidarte* **9**, 2288–2290 (2018).
10. Singh, D. B. & Pathak, R. K. *Bioinformatics: Methods and Applications*. (Academic Press, 2021).
11. Lunshof, J. E. *et al.* Personal genomes in progress: from the human genome project to the personal genome project. *Dialogues Clin Neurosci* **12**, 47–60 (2010).
12. Gupta, M. K. & Behera, L. Introduction to Bioinformatics. *Bioinformatics in Rice Research: Theories and Techniques* 3–20 (2021).
13. Angiuoli, S. V & Salzberg, S. L. Mugsy: fast multiple alignment of closely related whole genomes. *Bioinformatics* **27**, 334–342 (2011).
14. Lobo, L. N. G. Estrategias de gestión para la capitalización del conocimiento en el contexto de la relación universidad. Sector productivo. *Educere* **8**, 507–516 (2004).
15. Clemenza, C., Ferrer, J. & Araujo, R. La Investigación universitaria como vía de fortalecimiento de la relación Universidad-Sector Productivo. Caso: La Universidad del Zulia. *Multiciencias* **4**, (2004).
16. Prieto, E. C. Las competencias transversales para la empleabilidad y su integración en la educación universitaria. *Relaciones Laborales y Derecho del Empleo* (2019).
17. Fainholc, B. Presente y futuro latinoamericano de la enseñanza y el aprendizaje en entornos virtuales referidos a educación universitaria. *Revista de Educación a Distancia (red)* (2016).
18. Parra, Y. J. F. La educación universitaria en el siglo XXI: de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento. *Revista iberoamericana de educación* **55**, 1–10 (2011).
19. Badotti, F. *et al.* Comparative modeling of proteins: A method for engaging students' interest in bioinformatics tools. *Biochemistry and Molecular Biology Education* **42**, 68–78 (2014).
20. Stangherlin Machado, V., Paixão-Cortes, W. R., Norberto de Souza, O. & de Borba Campos, M. Decision-making for interactive systems: a case study for teaching and learning in bioinformatics. in *Learning and Collaboration Technologies. Technology in Education: 4th International Conference, LCT 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings, Part II* 4 90–109 (Springer, 2017).
21. Abril, A. O. & Molina, A. C. Bioinformática como recurso educativo: Proyecto de ingeniería. *EdmetiC* **7**, 174–195 (2018).
22. Ollarzaábal, A. L. M. Valoración sobre la formación académica en Bioinformática a través de la educación semipresencial. *Revista Peruana de Educación* **6**, 26–41 (2024).
23. Santander, M. R. & Colazo, Z. S. L. Las aplicaciones móviles: Su uso educativo para compartir la información en la Bioinformática. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas* **13**, 55–67 (2020).
24. Machluf, Y. & Yarden, A. Integrating bioinformatics into senior high school: design principles and implications. *Brief Bioinform* **14**, 648–660 (2013).
25. Wilson Sayres, M. A. *et al.* Bioinformatics core competencies for undergraduate life sciences education. *PLoS One* **13**, e0196878 (2018).
26. Martins, A., Fonseca, M. J., Lemos, M., Lencastre, L. & Tavares, F. Bioinformatics-based activities in high school: fostering students' literacy, interest, and attitudes on gene regulation, genomics, and evolution. *Front Microbiol* **11**, 578099 (2020).
27. Gao, L. & Guo, M. A course-based undergraduate research experience for bioinformatics education in undergraduate students. *Biochemistry and Molecular Biology Education* **51**, 189–199 (2023).
28. Hotaling, S., Slabach, B. L. & Weisrock, D. W. Next-generation teaching: a template for bringing genomic and bioinformatic tools into the classroom. *J Biol Educ* **52**, 301–313 (2018).
29. Steel, J. J. Genome analysis of SARS-CoV-2 case study: An undergraduate online learning activity to introduce Bioinformatics, BLAST, and the power of genome databases. *J Microbiol Biol Educ* **22**, 10–1128 (2021).
30. Welch, L. *et al.* Bioinformatics curriculum guidelines: toward a definition of core competencies. *PLoS Comput Biol* **10**, e1003496 (2014).
31. Atwood, T. K. *et al.* GOBLET: the global organisation for bioinformatics learning, education and training. *PLoS Comput Biol* **11**, e1004143 (2015).