

Más allá del algoritmo: ética, descubrimiento y el futuro de la biología

La inteligencia artificial (IA) se está consolidando como una de las tecnologías más influyentes del siglo XXI, con un impacto significativo en la biología y las ciencias de la vida. Su desarrollo acelera la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos, transforma los procesos de generación de conocimiento y plantea profundas implicaciones éticas en la investigación.

Un ejemplo emblemático es AlphaFold, cuyo modelo de *deep learning* revolucionó la predicción de la estructura tridimensional de las proteínas con una precisión cercana a la experimental, lo que ha impulsado tanto el diseño de fármacos como la ingeniería de enzimas. De manera similar, los modelos de aprendizaje automático integran datos genómicos, transcriptómicos, epigenómicos y metabolómicos, y así redefinen la clasificación de tumores, la predicción de rutas metabólicas y la personalización de terapias. Más allá de acelerar estudios científicos ya existentes, la inteligencia artificial ha comenzado a generar hipótesis novedosas, como en el desarrollo de péptidos antimicrobianos o en la exploración de posibles trayectorias evolutivas que habían escapado a la intuición humana, lo cual transforma de manera profunda la secuencia clásica de observación, hipótesis y experimento.

El potencial es aún mayor en la convergencia con la robótica aplicada a las ciencias biológicas, como el caso de los laboratorios autónomos (*self-driving labs*), que integran algoritmos y plataformas experimentales en bucles cerrados de descubrimiento. En un contexto en el que la IA propone hipótesis, los robots ejecutan ensayos y los resultados retroalimentan los modelos en un proceso repetitivo de mejoramiento continuo. Por ejemplo, este enfoque acelera los procesos de investigación en la búsqueda de catalizadores enzimáticos y en la evolución dirigida de enzimas. Es importante enfatizar que la aplicación de la IA en estas áreas del conocimiento no busca reemplazar a los científicos, sino redefinir su papel como intérpretes, críticos y guardianes éticos del proceso.

Teniendo en cuenta lo anterior, el nuevo panorama que genera la inclusión de la IA en la investigación en ciencias biológicas plantea desafíos clave. Primero, la interpretabilidad de los resultados generados es limitada, ya que los modelos de aprendizaje profundo operan como una *caja negra*, lo que dificulta explicar cómo se alcanzan determinadas predicciones. En biología, ciencia en la que la validez mecanística es esencial, se requiere avanzar hacia una IA interpretable e híbrida, que combine conocimiento biológico y estadístico. En segundo lugar, el sesgo en los resultados generados por IA es inherente a los datos de entrenamiento, lo cual se ha evidenciado en diferentes escenarios. Un ejemplo relevante se observa en la genómica humana, donde la sobrerrepresentación de poblaciones europeas restringe la precisión en grupos subrepresentados y contribuye a perpetuar inequidades en salud. El desarrollo de conjuntos de datos diversos e inclusivos debe ser una condición indispensable para generar predicciones más justas y aplicables. Por último, la transparencia y reproducibilidad de los procesos de investigación asistidos por IA se debe garantizar, ya que el uso de algoritmos cerrados y datos mal documentados puede socavar la confianza científica al

producir resultados difíciles de comprobar. En consecuencia, la publicación en código abierto, el reporte transparente de métodos y la comunicación honesta de limitaciones deben ser prácticas obligatorias.

La dimensión ética constituye un eje central en el uso de la inteligencia artificial en la investigación en ciencias biológicas. La aplicación de la IA a la biología sintética, por ejemplo, plantea riesgos de uso indebido que requieren marcos de supervisión sólidos. Paralelamente, la formación de los futuros científicos deberá incluir competencias en computación, entrenamiento en IA y, sobre todo, un juicio crítico y ético que ninguna tecnología puede suplir.

El horizonte más prometedor se encuentra en la colaboración entre algoritmos y seres humanos: los primeros aportan velocidad y capacidad de reconocimiento de patrones, mientras los segundos ofrecen creatividad, contextualización y discernimiento ético. Para materializar esta sinergia se requieren decisiones institucionales y marcos normativos que garanticen acceso equitativo, transparencia y responsabilidad. Incluso en laboratorios altamente automatizados, la orientación ética deberá permanecer bajo conducción humana.

Daniela Blanco Daza

Zootecnista, Candidata a Magister en Bioinformática.
Coordinadora Editorial Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de
Zootecnia.
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Fabian Danilo López Valbuena

Médico Veterinario, Candidata a Magister en Salud Animal.
Coordinador Editorial Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de
Zootecnia.
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

William Frend Osorio Zambrano

Médico Veterinario, MSc y PhD.
Editor Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Beyond the algorithm: ethics, discovery, and the future of biology

Artificial intelligence (AI) is rapidly consolidating its position as one of the most influential technologies of the 21st century, with profound implications for biology and the life sciences. Its development accelerates the analysis of massive datasets, transforms knowledge-generation processes, and raises critical ethical questions in research.

A paradigmatic example is AlphaFold, whose deep learning framework revolutionized three-dimensional protein structure prediction with near-experimental accuracy, thereby advancing drug design and enzyme engineering. Similarly, machine learning models now integrate genomic, transcriptomic, epigenomic, and metabolomic datasets, redefining tumor classification, metabolic pathway prediction, and the personalization of therapies. Beyond merely accelerating existing research pipelines, AI has begun to generate novel hypotheses—such as in the design of antimicrobial peptides or the exploration of previously unanticipated evolutionary trajectories—thus reshaping the classical sequence of observation, hypothesis, and experimentation.

The potential is amplified when AI converges with robotics in the biological sciences, exemplified by autonomous laboratories (“self-driving labs”). These systems integrate algorithms and experimental platforms into closed-loop discovery cycles: AI generates hypotheses, robots execute assays, and the results iteratively refine the models. This approach has already accelerated research in areas such as the discovery of enzymatic catalysts and the directed evolution of enzymes. Importantly, the role of AI in these domains is not to replace scientists but to redefine their function as interpreters, critics, and ethical stewards of discovery.

Against this backdrop, the integration of AI into biological research introduces several key challenges. One major concern is interpretability, as deep learning models often function as “black boxes,” limiting the ability to explain how predictions are generated. In biology, where mechanistic validity is critical, progress toward interpretable and hybrid AI integrating biological and statistical knowledge is essential. Another important issue is bias, since AI predictions inherently reflect the biases of their training datasets. This is evident in human genomics, where the overrepresentation of European populations limits predictive accuracy for underrepresented groups, perpetuating health inequities. Developing diverse and inclusive datasets is therefore indispensable for producing fairer and more broadly applicable predictions. Finally, transparency and reproducibility are crucial, as closed-source algorithms and poorly documented datasets risk undermining scientific trust by yielding results that are difficult to replicate. Open-source publication, transparent methodological reporting, and honest acknowledgment of limitations should become standard practice.

The ethical dimension is central to the integration of AI into biological research. Applications in synthetic biology, for example, raise risks of misuse that require robust oversight frameworks. At the same time, training the next generation of scientists must include computational literacy, AI competencies, and, above all, the cultivation of critical and ethical judgment that no technology can replace.

The most promising horizon lies in human–algorithm collaboration: algorithms contribute speed and pattern recognition, while humans provide creativity, contextual insight, and ethical discernment. Realizing this synergy requires institutional decisions and regulatory frameworks that ensure equitable access, transparency, and accountability. Even in highly automated laboratories, ethical oversight must remain under human guidance.

Daniela Blanco Daza

Animal Science, Master's Candidate in Bioinformatics.

Editorial Coordinator,

Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Campus.

Fabian Danilo López Valbuena

Doctor in Veterinary Medicine,

candidate for a master's degree in animal health.

Editorial Coordinator,

Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Campus.

William Frend Osorio Zambrano

Doctor in Veterinary Medicine, MSc and PhD.

Editor, Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Campus.