

Avances en vacunación 5 años después del inicio de la pandemia de COVID-19

Manuel Enrique Cortés-Cortés^{1*} ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0845-7147>

¹ Dirección de Investigación, Vicerrectoría Académica, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile.

Autor para correspondencia: cortesmanuel@docente.ubo.cl

Carta al Editor

Tras una lectura detallada del artículo “Una mirada desde la perspectiva reguladora”,⁽¹⁾ resulta pertinente reflexionar sobre las lecciones aprendidas 5 años después de que la COVID-19 se convirtiera en una crisis sanitaria global que sacudió al mundo. Durante los primeros 18 meses de respuesta científica acelerada, se identificaron más de 270 candidatos vacunales y se encontraban en curso más de 90 ensayos clínicos;⁽¹⁾ actualmente, la cifra total (activos o retirados) supera ampliamente ese número.

El desafío regulador fue colosal: mediante autorizaciones de uso de emergencia y revisiones continuas, la primera vacuna fue aprobada en menos de un año desde la identificación del virus, un hecho sin precedentes en la historia de la vacunología.⁽¹⁾

La presente Carta al Editor tiene como propósito ofrecer una perspectiva general sobre los avances en el campo de la vacunación, a 5 años del inicio de la pandemia.

Según modelos matemáticos, la vacunación habría evitado cerca de 20 millones de muertes en su primer año de implementación.⁽²⁾ Los avances tecnológicos también fueron notables: por primera vez se emplearon vacunas basadas en ARN mensajero en humanos, lo que consolidó estas plataformas frente a patógenos emergentes.⁽³⁾ Además, se desarrollaron vacunas con vectores virales, virus inactivados y subunidades proteicas.

Las agencias regulatorias adoptaron marcos flexibles sin sacrificar el rigor científico, como describen Vázquez-Romero y Romeu-Álvarez,⁽¹⁾ la evaluación en tiempo real y los diseños adaptativos sentaron precedentes valiosos para futuras emergencias.

Sin embargo, persisten desafíos críticos. A fines de 2021, más del 70 % de la población en países de ingresos altos había sido vacunada, frente a menos del 5 % en países de bajos ingresos.⁽⁴⁾ A pesar del mecanismo COVAX, esta brecha fue especialmente marcada en muchos países del África subsahariana, aunque también se observaron disparidades intrarregionales en América Latina.^(5,6) Modelos epidemiológicos sugieren que una distribución más equitativa habría contribuido a reducir la propagación de variantes.⁽⁴⁾ Corregir estas asimetrías sigue siendo fundamental para enfrentar futuras crisis sanitarias.

Con la mirada puesta en el futuro, se están explorando vacunas de nueva generación, incluidas formulaciones intranasales, combinadas e incluso pancoronavirus.⁽⁷⁾ La inteligencia artificial (IA), mediante herramientas como AlphaFold o modelos de aprendizaje automático, ya permite optimizar el diseño de inmunógenos, predecir epítomos y fortalecer la vigilancia genómica. Estas aplicaciones han transformado el diseño de vacunas al ofrecer una precisión, velocidad y eficiencia sin precedentes, permitiendo la identificación de epítomos previamente no detectados mediante modelos validados experimentalmente como MUNIS y GraphBepi.⁽⁸⁾

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha enfatizado que la cooperación internacional es crucial. No obstante, algunos países han manifestado posturas críticas o han reducido su compromiso con los mecanismos multilaterales de la OMS,⁽⁶⁾ lo cual podría debilitar la respuesta global. Fortalecer su papel resulta, por tanto, urgente.

* PhD, Doctor en Ciencias de la Agricultura, área Fisiología y Nutrición Animal. Director de Investigación, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile.

En resumen, 5 años después del inicio de la pandemia, se evidencian avances significativos en el campo de la vacunología (Tabla 1), aunque persisten brechas importantes. El fortalecimiento de las capacidades regulatorias, el acceso universal a las vacunas y una cooperación internacional más sólida deben constituir pilares de una estrategia de vacunación más equitativa, eficaz y resiliente.

Tabla 1. Principales avances en la vacunología 5 años después de la pandemia de COVID-19.

Area	Avance clave
Tecnología	Introducción y despliegue a gran escala de vacunas de ARNm, junto con plataformas de vectores virales, virus inactivados y subunidades proteicas.
Regulación	Las autorizaciones de uso de emergencia y las revisiones continuas permitieron aprobaciones rápidas de vacunas manteniendo los estándares científicos y éticos.
Impacto	Según modelos globales, la vacunación contra la COVID-19 evitó aproximadamente 20 millones de muertes durante su primer año de implementación.
Equidad	Las marcadas disparidades en el acceso entre países de altos y bajos ingresos revelaron la necesidad de mecanismos de distribución global más justos.
Innovación	Se exploran enfoques de próxima generación como vacunas pan-coronavirus, combinadas o intranasales, con el apoyo de la AI en el diseño de inmunógenos.
Cooperación	El rol de la OMS y el multilateralismo fue esencial para coordinar respuestas, aunque preocupa el distanciamiento político de algunas naciones.

IA: inteligencia artificial; OMS: Organización Mundial de la Salud.

Letter to the Editor

Advances in vaccination 5 years after the onset of the COVID-19 pandemic

After a detailed reading of the article “A look from the regulatory perspective”,⁽¹⁾ it is pertinent to reflect on the lessons learned 5 years after COVID-19 became a global health crisis that shook the world. During the first 18 months of the accelerated scientific response, more than 270 vaccine candidates were identified and more than 90 clinical trials were underway;⁽¹⁾ today, the total number (active or withdrawn) far exceeds that number.

The regulatory challenge was colossal: through emergency use authorizations and continuous reviews, the first vaccine was approved within a year of virus identification, an unprecedented event in the history of vaccinology.⁽¹⁾

The purpose of this Letter to the Editor is to provide an overview of advances in the field of vaccination, 5 years after the start of the pandemic.

According to mathematical models, vaccination would have prevented nearly 20 million deaths in its first year of implementation.⁽²⁾ Technological advances were also remarkable: messenger RNA-based vaccines were used for the first time in humans, consolidating these platforms against emerging pathogens.⁽³⁾ In addition, vaccines with viral vectors, inactivated viruses and protein subunits were developed.

Regulatory agencies adopted flexible frameworks without sacrificing scientific rigor, as described by Vázquez-Romero and Romeu-Álvarez,⁽¹⁾ real-time assessment and adaptive designs set valuable precedents for future emergencies.

However, critical challenges remain. By the end of 2021, more than 70 % of the population in high-income countries had been vaccinated, compared with less than 5 % in low-income countries.⁽⁴⁾ Despite the COVAX mechanism, this gap was particularly marked in many countries in sub-Saharan Africa, although intraregional disparities were also observed in Latin America.^(5,6) Epidemiological models suggest that more equitable distribution would have helped reduce the spread of variants.⁽⁴⁾ Correcting these asymmetries remains critical to address future health emergencies.

Looking to the future, next-generation vaccines are being explored, including intranasal, combination and even pancoronavirus formulations.⁽⁷⁾ Artificial intelligence (AI), using tools such as AlphaFold or machine learning models, is already optimizing immunogen design, predicting epitopes and strengthening genomic surveillance. These applications have transformed vaccine design by offering unprecedented accuracy, speed and efficiency, enabling the identification of previously undetected epitopes using experimentally validated models such as MUNIS and GraphBepi.⁽⁸⁾

The World Health Organization (WHO) has emphasized that international cooperation is crucial. However, some countries have been critical of or have reduced their engagement with WHO's multilateral mechanisms,⁽⁶⁾ which could weaken the global response. Strengthening its role is therefore urgent.

In summary, 5 years after the start of the pandemic, significant progress has been made in the field of vaccinology (Table 1), although important gaps remain. Strengthening regulatory capacities, universal access to vaccines and stronger international cooperation must be the pillars of a more equitable, effective and resilient vaccination strategy.

Table 1. Major advances in vaccinology 5 years after the COVID-19 pandemic.

Area	Major advance
Technology	Introduction and large-scale deployment of mRNA vaccines, along with viral vector platforms, inactivated viruses and protein subunits.
Regulation	Emergency use authorizations and ongoing reviews allowed for rapid vaccine approvals while maintaining scientific and ethical standards.
Impact	According to global models, vaccination against COVID-19 prevented approximately 20 million deaths during its first year of implementation.
Equity	Marked disparities in access between high and low-income countries revealed the need for fairer global distribution mechanisms.
Innovation	Next-generation approaches such as pan-coronavirus, combination or intranasal vaccines are explored, with IA support in immunogen design.
Cooperation	The role of the WHO and multilateralism was essential to coordinate responses, although the political distancing of some nations is a concern.

AI: artificial intelligence; WHO: World Health Organization.

Referencias

- Vázquez-Romero JE, Romeu-Álvarez B. Vacunas anti COVID-19: una mirada desde la perspectiva reguladora. *VacciMonitor*. 2022;31(2):90-9. Disponible en: <https://vaccimonitor.finlay.edu.cu/index.php/vaccimonitor/article/view/311/510>. (Consultado en línea: 20 de julio de 2025).
- Watson OJ, Barnsley G, Toor J, Hogan AB, Winskill P, Ghani AC. Global impact of the first year of COVID-19 vaccination: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis*. 2022;22(9):1293-1302. doi: [https://10.1016/S1473-3099\(22\)00320-6](https://10.1016/S1473-3099(22)00320-6).
- Nagy A, Alhatlani B. An overview of current COVID-19 vaccine platforms. *Comput Struct Biotechnol J*. 2021; 19:2508-17. doi: <https://10.1016/j.csbj.2021.04.061>.
- Ye Y, Zhang Q, Wei X, Cao Z, Yuan HY, Zengg D, et al. Equitable access to COVID-19 vaccines makes a life-saving difference to all countries. *Nat Hum Behav*. 2022;6(2):207-16. doi: <https://10.1038/s41562-022-01289-8>.
- Cortés ME. A cinco años de la catástrofe: aprendizajes y desafíos a partir de la pandemia por COVID-19. *Acta Bioquím Clín Latinoam*. 2025;59(2):155-6. Disponible en: <https://abcl.org.ar/index.php/abcl/article/view/103/218>. (Consultado en línea: 20 de julio de 2025).
- Cortés ME, Herrera-Aliaga EA. Luces, sombras y aprendizajes a cinco años del inicio del COVID: relevancia de la Organización Mundial de la Salud. *Medicina (B Aires)*. 2025;85:646-7. Disponible en: <https://www.medicinabuenosaires.com/revistas/vol85->

25/n3/646.pdf. (Consultado en línea: 20 de julio de 2025).

7. Cankat S, Demael MU, Swadling L. In search of a pan-coronavirus vaccine: next-generation vaccine design and immune mechanisms. Cell Mol Immunol. 2024;21(2):103-18. doi: <https://10.1038/s41423-023-01116-8>.

8. El Arab RA, Alkhunaizi M, Alhashem YN, Al Khatib A, Bubsheet M, Hassanein, et al. Artificial intelligence in vaccine research and development: an umbrella review. Front Immunol. 2025;16:1567116. doi: <https://10.3389/fimmu.2025.1567116>

Recibido: 23 de julio de 2025

Aceptado: 6 de octubre de 2025