



Tiempo de lectura: 5 min.

[Hugo Pinto Sarti](#)

Las vacunas son, probablemente, el avance médico que más vidas ha salvado en la historia de la humanidad. Se estima que, junto con el acceso a agua potable, la vacunación ha reducido drásticamente la mortalidad infantil y prolongado la esperanza de vida. Sin embargo, a pesar de sus éxitos, las vacunas siguen siendo objeto de preguntas, dudas y, en algunos casos, desconfianza. Para comprender mejor su papel en la salud pública, conviene repasar brevemente su historia, conocer cómo la biotecnología moderna ha revolucionado su desarrollo, entender los riesgos y retos que enfrentan, y reflexionar sobre su dependencia del sistema inmunológico humano.

La historia de las vacunas comienza con prácticas rudimentarias de protección frente a la viruela en China e India, donde se utilizaba la variolización: la inoculación de material infectado para provocar una forma leve de la enfermedad y así generar inmunidad. El gran salto llegó en 1796, cuando Edward Jenner utilizó el virus de la viruela bovina (cowpox) para proteger contra la viruela humana, lo que dio origen al concepto moderno de vacuna. Más tarde, Louis Pasteur y otros científicos del siglo XIX perfeccionaron este principio, desarrollando vacunas contra la rabia, el tétano y otras enfermedades. Durante el siglo XX, la vacunación masiva permitió controlar enfermedades devastadoras como la poliomielitis y el sarampión, y culminó en 1980 con un hito histórico: la erradicación mundial de la viruela.

Hoy, el panorama es muy distinto gracias a la biotecnología. Lo que antes tomaba décadas de investigación, hoy puede lograrse en meses. Esto se debe a nuevas

plataformas tecnológicas que permiten diseñar vacunas de manera más rápida, precisa y segura. Entre ellas destacan las vacunas recombinantes, que se producen introduciendo genes de un virus en otro organismo, como una levadura, para fabricar proteínas capaces de inducir inmunidad. También existen las partículas similares a virus (VLPs), que imitan la forma o el contenido del virus pero no contienen material genético, lo que elimina el riesgo de infección. Son ejemplos famosos las vacunas contra el virus del papiloma humano (HPV) y la hepatitis B. Otra estrategia es el uso de vectores virales, en los que un virus inofensivo transporta información genética de otro patógeno para entrenar al sistema inmunológico, como en la vacuna de AstraZeneca contra la COVID-19. Finalmente, la innovación más reciente y revolucionaria es la de las vacunas de ARN mensajero (mARN), que no contienen el virus ni sus proteínas, sino instrucciones para que nuestras propias células fabriquen temporalmente una proteína viral que actúe como señal de entrenamiento. Las vacunas de Pfizer y Moderna contra la COVID-19 son ejemplos de esta tecnología. El mARN no entra en el núcleo, donde nuestro ADN se localiza, de manera que no altera nuestro código genético.

Aunque las vacunas son en general muy seguras, es necesario comprender que no están exentas de riesgos. La mayoría de las personas experimentan sólo efectos leves y pasajeros, como dolor en el brazo, fiebre o cansancio. En casos muy raros, pueden producirse reacciones más graves, como alergias fuertes o desajustes en el sistema inmunológico. Estos eventos son extremadamente infrecuentes, pero por eso mismo se mantienen sistemas de vigilancia internacional que siguen recopilando información incluso después de que una vacuna ha sido autorizada. El verdadero reto, más allá de los riesgos individuales, está en enfrentar virus que cambian con rapidez, como el de la influenza o el coronavirus (Covid-19), y en garantizar el acceso equitativo a las vacunas en todo el mundo. También existe un reto social: la desinformación y la desconfianza han llevado a un aumento en los movimientos antivacunas, lo que pone en peligro los avances logrados durante décadas.

En cuanto a tendencias futuras, la investigación en vacunas apunta a horizontes muy prometedores. Se están desarrollando vacunas universales capaces de proteger contra múltiples variantes de virus como la influenza. Otros proyectos buscan vacunas contra enfermedades aún sin solución definitiva, como el VIH, la malaria y la tuberculosis. También se exploran vacunas terapéuticas, diseñadas no para prevenir, sino para tratar enfermedades ya presentes, como algunos tipos de

cáncer. La inteligencia artificial, por su parte, está comenzando a utilizarse para predecir qué partes de un virus estimulan mejor la respuesta inmune, acelerando enormemente el diseño de nuevas vacunas.

Para entender cómo funcionan, es importante familiarizarse con algunos conceptos básicos. Una vacuna atenuada contiene el microbio vivo, pero debilitado, de forma que no puede causar la enfermedad. Una vacuna inactivada utiliza el microbio muerto, pero aún es capaz de enseñar al sistema inmune a cómo reconocerlo. En el caso de bacterias que producen toxinas, se utilizan toxoides, es decir, toxinas neutralizadas que ya no son dañinas pero que entrenan a nuestro organismo para defenderse (Tétano).

Antes de llegar al mercado, cada vacuna recorre un camino largo y cuidadosamente regulado. Primero se realizan pruebas en laboratorio y en animales, llamadas preclínicas. Luego se inician los ensayos clínicos en humanos, que pasan por tres fases: en la primera se estudia la seguridad en un pequeño grupo; en la segunda se analiza la eficacia en grupos más grandes; y en la tercera participan miles de voluntarios para confirmar la protección y descartar efectos adversos. Una vez completadas estas fases, las agencias reguladoras como la FDA en Estados Unidos o la EMA en Europa revisan los datos antes de autorizar su uso. Incluso después de aprobadas, las vacunas se siguen vigilando para detectar efectos muy poco frecuentes que no pudieron observarse en los ensayos clínicos.

Es fundamental entender que las vacunas no actúan por sí solas. Su eficacia depende de la capacidad del sistema inmunológico humano de aprender y recordar. Cuando funciona bien, como ocurre con la vacuna contra el sarampión, el cuerpo produce una memoria inmunológica que puede durar toda la vida. En otros casos, como la gripe, la protección puede ser limitada, especialmente en personas mayores con un sistema inmune debilitado. En rarísimas ocasiones, el sistema puede reaccionar de forma exagerada y producir una alergia grave, lo cual se considera un resultado no aceptable. El equilibrio es esencial: entrenar al sistema inmune sin provocar daño.

En pocas palabras, las vacunas son un escudo invisible que ha salvado millones de vidas y seguirán siendo una herramienta esencial contra enfermedades infecciosas. La biotecnología ha transformado su desarrollo, haciéndolo más rápido y preciso, pero aún existen retos científicos, sociales y de acceso equitativo. El futuro apunta hacia vacunas más universales, terapéuticas y apoyadas en nuevas tecnologías

como la inteligencia artificial. Sin embargo, debemos tener presente que el éxito de la vacuna dependerá de la extraordinaria capacidad del maravilloso sistema inmunológico humano para aprender, recordar y defendernos. Esto último, será tratado en un futuro cercano.

*pintosarti@hotmail.com hpinto2117@gmail.com hpintosarti@yahoo.es*

#### Referencias principales

World Health Organization (WHO). Questions and Answers on Vaccines and Immunization. Disponible en: <https://www.who.int>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects. Washington, DC: The National Academies Press.

European Food Safety Authority (EFSA). The Science of GMOs Explained. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu>

Plotkin, S. A., Orenstein, W. A., Offit, P. A., & Edwards, K. M. (2018). Plotkin's Vaccines. 7th Edition. Elsevier.

<https://murmulloblog.wordpress.com/2025/09/16/vacunas-pasado-presente-y-futuro-de-un-escudo-contras-las-enfermedades/>

[ver PDF](#)

[Copied to clipboard](#)