

Artículo de revisión

Perspectivas de las vacunas anti-COVID-19 para los sistemas de salud según su eficacia, efectividad y eficiencia

Prospects for COVID-19 Vaccines for Health Systems based on their Efficacy, Effectiveness, and Efficiency

José Miguel Flores González^{1*} <https://orcid.org/0009-0002-4693-3247>

Miriam Estefanía Martínez de la Torre¹ <https://orcid.org/0009-0007-8714-6019>

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas. Zacatecas, México.

Autor para la correspondencia: josemiguelfg@uaz.edu.mx

RESUMEN:

Introducción: Las vacunas anti-COVID-19 representan un hito en la respuesta global a la pandemia con diferentes niveles de eficacia, efectividad y eficiencia que requieren un análisis detallado para su óptima implementación.

Objetivo: Analizar las diferentes vacunas anti-COVID-19 disponibles en términos de su eficacia, efectividad y eficiencia, al considerar aspectos técnicos, logísticos y económicos para su aplicación en los distintos sistemas de salud.

Métodos: Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos especializadas PubMed, Scopus, Web of Science y ClinicalTrials en el periodo 2020-2024. Se seleccionaron artículos que incluían datos de eficacia, efectividad, condiciones de almacenamiento y costos de las 11 vacunas anti-COVID-19 con mayor implementación global y respaldo científico sólido. El análisis se estructuró en cuatro

categorías.

Conclusiones: La diversidad de vacunas anti-COVID-19 refleja la complejidad de los sistemas de salud globales al no existir una vacuna universal, sino solo soluciones adaptadas a cada realidad epidemiológica, socioeconómica y sanitaria. Cada vacuna representa una respuesta específica diseñada para contextos particulares: desde las tecnologías de mRNA en países desarrollados hasta las vacunas de virus inactivado en regiones con infraestructura limitada. La eficacia, efectividad y eficiencia varían según factores como densidad poblacional, condiciones de almacenamiento, acceso a servicios médicos y características genéticas de cada población. Lo fundamental no es encontrar una solución única, sino comprender que la estrategia contra la COVID-19 requiere flexibilidad, adaptabilidad y un enfoque personalizado que reconozca las particularidades de cada sistema de salud.

Palabras clave: Vacunas; COVID-19; eficacia; efectividad; eficiencia.

ABSTRACT

Introduction: COVID-19 vaccines represent a milestone in the global response to the pandemic, with varying levels of efficacy, effectiveness, and efficiency that require detailed analysis for optimal implementation.

Objective: To analyze the different COVID-19 vaccines available in terms of their efficacy, effectiveness, and efficiency, considering technical, logistical, and economic aspects for their application in different health systems.

Methods: An exhaustive search was conducted in the specialized databases PubMed, Scopus, Web of Science, and Clinical Trials from 2020 to 2024. Articles were selected that included data on efficacy, effectiveness, storage conditions, and costs of the 11 COVID-19 vaccines with the highest global implementation and solid scientific backing. The analysis was structured into four categories.

Conclusions: The diversity of COVID-19 vaccines reflects the complexity of global health systems, as there is no universal vaccine, but only solutions adapted to each epidemiological, socioeconomic, and health reality.

Each vaccine represents a specific response designed for particular contexts: from mRNA technologies in developed countries to inactivated virus vaccines in regions with limited infrastructure. Efficacy, effectiveness, and efficiency vary according to factors such as population density, storage conditions, access to medical services, and the genetic characteristics of each population. The key is not to find a single solution, but to understand that the strategy against COVID-19 requires flexibility, adaptability, and a personalized approach that recognizes the particularities of each health system.

Keywords: Vaccines; COVID-19; efficacy; effectiveness; efficiency.

Recibido: 06/12/2024

Aceptado: 28/04/2025

Introducción

En el campo de la farmacología, especialmente en el desarrollo y evaluación de vacunas, es crucial comprender la diferencia entre los conceptos de eficacia, efectividad y eficiencia. Estos términos, aunque relacionados tienen significados específicos que impactan directamente en cómo se interpretan los resultados de los ensayos clínicos y cómo se toman decisiones en salud pública.

La eficacia representa la capacidad de lograr un resultado bajo condiciones ideales y controladas (en un entorno de laboratorio o ensayo clínico).^(1,2) La efectividad mide cómo funciona una intervención en condiciones reales. Considera interacciones con otros medicamentos, condiciones de salud del paciente y variabilidades del mundo real (fuera del entorno controlado).^(1,2) La eficiencia es la relación entre los resultados y los recursos utilizados y se enfoca en maximizar los resultados mientras se minimizan los recursos empleados, ya sean económicos, de tiempo o energía. La eficiencia representa hacer las cosas de la manera más económica posible.^(1,2)

Estos conceptos no son excluyentes, sino que se complementan para ofrecer una visión integral de una intervención médica.

El objetivo de esta investigación fue analizar las diferentes vacunas anti-COVID-19 disponibles en términos de su eficacia, efectividad y eficiencia, al considerar aspectos técnicos, logísticos y económicos para su aplicación en los distintos sistemas de salud.

Métodos

La investigación se desarrolló mediante una búsqueda exhaustiva utilizando múltiples bases de datos especializadas. Se consultaron PubMed, Scopus, Web of Science y ClinicalTrials para obtener información actualizada sobre las vacunas anti-COVID-19. El período de búsqueda abarcó el periodo de 2020-2024. Se emplearon descriptores específicos como vacunas anti-COVID-19, eficacia, efectividad y eficiencia.

La selección de los artículos siguió un proceso riguroso que comenzó con la identificación de publicaciones potencialmente relevantes, así como artículos que incluyeran datos completos y verificables sobre eficacia, efectividad, o condiciones de almacenamiento y costos,

Los criterios de inclusión establecidos fueron:

- ensayos clínicos aleatorizados, estudios observacionales, revisiones sistemáticas o documentos técnicos oficiales,
- publicaciones en inglés o español;
- estudios sobre vacunas con implementación global significativa y respaldo científico sólido documentado en al menos tres publicaciones independientes.

El análisis de la información se estructuró en cuatro categorías principales:

- eficacia, efectividad y eficiencia en farmacología,

- interpretación de la eficacia de las vacunas y su posible sobreestimación,
- factores que determinan la eficiencia de las vacunas contra COVID-19,
- efectividad de las vacunas y recomendaciones de uso.

Para cada vacuna se evaluaron aspectos críticos como:

- eficacia en ensayos controlados,
- efectividad en condiciones reales,
- requisitos de almacenamiento,
- costos por dosis y,
- esquema completo.

La metodología contempló además un análisis integral que consideró diferentes:

- contextos socioeconómicos,
- capacidades tecnológicas de los países,
- infraestructura sanitaria disponible y
- factores logísticos y operativos.

Este enfoque permitió una evaluación comprehensiva de la implementación de las vacunas en diferentes escenarios globales.

Interpretación de la eficacia de vacunas y su posible sobreestimación

La tabla 1 presenta un análisis comparativo de la eficacia de diferentes vacunas contra la COVID-19 revelando una heterogeneidad significativa en los porcentajes de protección y tecnologías utilizadas.

Análisis que proporciona una perspectiva crítica sobre la complejidad de la evaluación de las vacunas^(3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13) desde conceptos de eficacia, efectividad y eficiencia.

Las vacunas se agrupan en diversas plataformas tecnológicas, incluyendo:

- ARNm (Pfizer-BioNTech^{®(3)} y Moderna^{®(4)};
- vectores virales
 - Johnson & Johnson^{®(5)}
 - Sputnik V^{®(6)}
 - AstraZeneca^{®(7)}
 - CanSino^{®(8)}
- virus inactivados
 - Sinovac^{®(9)}
 - Sinopharm^{®(10)}
 - Covaxin^{®(11)}
- vacunas de subunidad proteica:
 - Abdala^{®(12)}
 - Novavax^{®(13)}

Los porcentajes de eficacia oscilan desde un 51 % (Sinovac[®]) hasta un 95 % (Pfizer-BioNTech[®]),^(3,9) lo que evidencia la significativa variación en la capacidad de protección bajo condiciones controladas.

Esta dispersión subraya la importancia de comprender no solo la eficacia, sino también la efectividad y eficiencia de cada intervención.

La diversidad de los resultados sugiere que la eficacia no puede considerarse un parámetro absoluto, sino un indicador inicial que requiere complementarse con estudios de efectividad en condiciones reales y análisis de eficiencia económica.

Por lo que la heterogeneidad observada invita a una evaluación multidimensional que trascienda la simple medición porcentual y que considere factores como contexto epidemiológico, características poblacionales y restricciones logísticas de implementación.

Tabla 1 - Eficacia de las vacunas contra Covid-19

Vacuna	Eficacia contra COVID-19 sintomático (%)	Tecnología
Pfizer-BioNTech® (BNT162b2) ⁽³⁾	95,0	mRNA
Moderna® (mRNA-1273) ⁽⁴⁾	94,1	mRNA
Johnson & Johnson® (Ad26.COVS2.S) ⁽⁵⁾	66,1	Vector viral de adenovirus
Sputnik V® (Gam-COVID-Vac) ⁽⁶⁾	91,6	Vector adenovirus
AstraZeneca® (ChAdOx1) ⁽⁷⁾	70,4	Vector viral (ChAdOx1)
CanSino® (Ad5-nCoV) ⁽⁸⁾	57,5	Vector de adenovirus tipo 5
Sinovac® (CoronaVac) ⁽⁹⁾	51,0	Virus inactivado
Sinopharm® (BBIBP-CorV) ⁽¹⁰⁾	78,1	Virus inactivado
Covaxin® (BBV152) ⁽¹¹⁾	77,8	Virus inactivado
Abdala® (CIGB-66) ⁽¹²⁾	92,28	Vacuna de subunidad proteica
Novavax® (NVX-CoV2373) ⁽¹³⁾	89,7	Vacuna de subunidad proteica

La eficacia de una vacuna definida como su capacidad para producir un resultado terapéutico bajo condiciones ideales y controladas, no puede considerarse un parámetro universal.

La tabla 2 revela una heterogeneidad crítica en los ensayos clínicos que evidencian la potencial sobreestimación de este concepto.

Los estudios muestran variaciones significativas en la composición demográfica, con poblaciones predominantemente blancas, jóvenes y de un solo contexto geográfico, lo que introduce sesgos importantes en la interpretación de sus resultados.

Por ejemplo, la vacuna de Pfizer-BioNTech® con un 83 % de participantes blancos,⁽³⁾ o Moderna® concentrada exclusivamente en Estados Unidos de América⁽⁴⁾ no pueden

extrapolarse directamente a poblaciones con diferentes características genéticas, condiciones epidemiológicas y sanitarias.

Esta limitación metodológica sugiere que la eficacia no es un valor absoluto, sino un constructo dinámico y contextual, cuya validez depende directamente de la representatividad poblacional del estudio original.

Tabla 2 - Características de ensayos clínicos de vacunas contra COVID-19 y su influencia en la eficacia

Vacuna	Lugares de ensayo clínico	Sobrestimación de eficacia de la vacuna
Pfizer-BioNTech® (BNT162b2)	Estados Unidos de América, Argentina, Brasil, Sudáfrica, Alemania, Turquía	Sobreestimación alta, población predominantemente blanca (83 %), homogeneidad demográfica limita representatividad, posible sesgo en interpretación de resultados
Moderna® (mRNA-1273)	Estados Unidos de América	Sobreestimación moderada, selección estratégica de participantes puede generar sesgos en interpretación de resultados
Johnson & Johnson® (Ad26.COV2.S)	Estados Unidos de América, Sudáfrica, países latinoamericanos	Sobreestimación media, variaciones de eficacia según región evidencian limitaciones. (72 % en E.E.U.U., 64 % en Sudáfrica), evidenciando cómo las características poblacionales influyen en la protección
Sputnik V® (Gam-COVID- Vac)	Rusia, Emiratos Árabes Unidos, India, Kazajistán, Bielorrusia, Venezuela	Sobreestimación moderada, variabilidad geográfica mitiga potencial sobreestimación. La variabilidad geográfica que permite analizar respuesta inmune en poblaciones con diferentes perfiles genéticos y condiciones epidemiológicas
AstraZeneca® (ChAdOx1)	Reino Unido, Brasil, Sudáfrica, Estados Unidos de América, Perú, Chile	Sobreestimación baja, la inclusión del 20 % mayores de 65 años y el 60 % con comorbilidades. La diversidad poblacional permite evaluar eficacia en diferentes grupos de riesgo, reduciendo posibles sobreestimaciones
Sinopharm® (BBIBP- CorV)	Emiratos Árabes Unidos, Marruecos, Egipto, Bahréin, Jordania	Sobreestimación moderada: Diversidad geográfica que permite comprender variabilidad en respuesta inmune según contextos poblacionales
Sinovac® (CoronaVac)	Brasil, Indonesia, Turquía, China	Sobreestimación alta, concentración en trabajadores de salud puede generar sesgo
CanSino® (Ad5-nCoV)	China, Canadá, Argentina, Chile, Rusia México, Pakistán	Sobreestimación media, variabilidad poblacional reduce potencial sesgo

Abdala® (CIGB-66)	Cuba	Sobreestimación baja, población latinoamericana con características genéticas específicas. Permite evaluar eficacia en contexto regional
Covaxin® (BBV152)	India	Sobreestimación alta, limitada diversidad poblacional
Novavax® (NVX-CoV2373)	México, Estados Unidos de América	Sobreestimación moderada, inclusión de diversos perfiles reduce sesgo

Factores que determinan la eficiencia de las vacunas contra COVID-19

La tabla 3 revela un panorama complejo acerca de las condiciones de almacenamiento de vacunas anto-COVID-19 al evidenciar significativas variaciones en requisitos de temperatura y estabilidad que impactan en la eficiencia de los sistemas de salud. Las condiciones de almacenamiento de vacunas anto-COVID-19 representan un desafío crítico para los sistemas de salud en países con recursos limitados al generar implicaciones logísticas, económicas y operativas complejas.^(14,15)

Tabla 3 - Condiciones de almacenamiento de vacunas contra COVID-19

Vacuna	Condiciones de almacenamiento
Pfizer-BioNTech® (BNT162b2)	Ultracongelación: -90° C a -60° C hasta fecha de caducidad. Refrigeración: 2° C a 8° C hasta diez semanas. Temperatura ambiente: 8° C a 25° C hasta 12 h. No recongelar
Moderna® (mRNA-1273)	Congelación: -50° C a -15° C hasta nueve meses. Refrigeración: 2° C a 8° C por 30 días. Temperatura ambiente: 8° C a 25° C hasta 24 h
Johnson & Johnson® (Ad26.COVS. S)	Congelación: -20° C por dos años. Refrigeración: 2° C a 8° C por nueve meses. Temperatura ambiente: hasta 12 h después de primera punción
Sputnik V® (Gam-COVID-Vac)	Congelación: -18° C. Descongelar en 7-10 minutos. Usar en dos h tras descongelar
AstraZeneca® (ChAdOx1)	Refrigeración: 2° C a 8° C por seis meses. No congelar.
Sinopharm® (BBIBP-CorV)	Refrigeración: 2° C a 8° C por 24 meses. No congelar
Sinovac® (CoronaVac)	Refrigeración: 2° C a 8° C por seis meses. Temperatura ambiente: hasta 12 h
CanSino® (Ad5-nCoV)	Refrigeración: 2° C a 8°
Abdala® (CIGB-66)	Refrigeración: 2° C a 8° C por 11 meses
Covaxin® (BBV152)	Refrigeración: 2° C a 8° C por 28 días. No congelar
Novavax® (NVX-CoV2373)	Refrigeración: 2° C a 8° C por nueve meses y no congelar

Las vacunas presentan requisitos de temperatura extremadamente heterogéneos, desde la ultracongelación hasta la refrigeración estándar.

Esta variabilidad genera obstáculos significativos para países con infraestructura sanitaria precaria, principalmente por:

- Limitada capacidad de refrigeración especializada.
- Altos costos de implementación de cadena de frío.
- Riesgo elevado de degradación de las vacunas.
- Dependencia tecnológica de países desarrollados.

La diversidad de requisitos de temperatura evidencia que no existe una solución universal. Cada contexto requiere una estrategia de distribución personalizada, considerando:

- Capacidad de inversión en equipamiento;
- Condiciones geográficas y climáticas.
- Recursos económicos disponibles.
- Infraestructura sanitaria existente.

La implementación de programas de vacunación en países de bajos recursos depende no solo de la eficacia de la vacuna, sino en lo fundamental de su capacidad logística para mantener la integridad del biológico durante su almacenamiento y distribución.

La eficiencia en el contexto de las vacunas COVID-19 se configura como un concepto multidimensional que va más allá del simple costo monetario. Representa la capacidad de optimizar recursos al considerar no solo el precio por dosis sino también factores como la infraestructura de almacenamiento, la complejidad logística, la cobertura poblacional y el impacto epidemiológico.

En este sentido, la eficiencia se evalúa mediante la relación entre los resultados y los recursos invertidos, en los cuales países con diferentes contextos socioeconómicos deben desarrollar estrategias personalizadas. Por ejemplo, mientras los países de altos ingresos pueden implementar vacunas de tecnología avanzada como las de

mRNA, los países de bajos recursos requieren soluciones con mínimos requerimientos logísticos al priorizar vacunas como AstraZeneca®, la que ofrece una protección significativa a un costo reducido y con condiciones de almacenamiento simples.^(7,17)

La tabla 4 revela un panorama complejo de los costos de vacunación contra la COVID-19, exponiendo las implicaciones económicas de la distribución global de vacunas en diferentes sistemas de salud. Los costos por dosis oscilan significativamente, desde los \$4,00 USD de AstraZeneca®^(7,17) hasta los \$37,00 USD de Moderna®,^(4,17) generando un impacto económico diferencial según la capacidad financiera de cada sistema de salud. Esta variabilidad refleja no solo el precio de la tecnología sino también los costos de investigación, producción y distribución. Para países de altos ingresos, el costo de vacunación representa un porcentaje marginal de su presupuesto de salud. En contraste, para países de bajos recursos, representa una carga económica sustancial que puede significar un gran incremento en su gasto sanitario.

Tabla 4 - Costo promedio mundial de vacunas COVID-19 en 2024

Vacuna	Costo por dosis (USD)	Costo total esquema (USD)	Número dosis
Pfizer-BioNTech® (BNT162b2)	\$20,00	\$40,00	2 dosis
Moderna® (mRNA-1273)	\$37,00	\$74,00	2 dosis
Johnson & Johnson® (Ad26.COV2.S)	\$10,00	\$10,00	1 dosis
Sputnik V® (Gam-COVID-Vac)	\$10,00	\$20,00	2 dosis
AstraZeneca® (ChAdOx1)	\$4,00	\$8,00	2 dosis
Sinopharm® (BBIBP-CorV)	\$20,00	\$40,00	2 dosis
Sinovac® (CoronaVac)	\$30,00	\$60,00	2 dosis
CanSino® (Ad5-nCoV)	\$15,00	\$15,00	1 dosis
Abdala® (CIGB-66)	\$15,00	\$45,00	3 dosis
Covaxin® (BBV152)	\$15,00–20,00	\$30,00–40,00	2 dosis
Novavax® (NVX-CoV2373)	\$16,00	\$32,00	2 dosis

Nota: Los precios son aproximados y pueden variar según el país, el contrato y el momento de la compra.

Efectividad de las vacunas y recomendaciones de uso

En la tabla 5 se describe cómo las vacunas contra la COVID-19 han demostrado diferentes niveles de efectividad y características específicas que las hace adecuadas para distintos contextos:

- Las vacunas de tecnología mRNA, como Pfizer-BioNTech® y Moderna® se destacan por su excepcional efectividad, alcanzando tasas del 90-94 % contra infección y enfermedad grave,^(18,19,20) con una protección particularmente robusta en personal sanitario y grupos de riesgo, aunque requieren una infraestructura de ultracongelación sofisticada.
- En un segundo nivel se encuentran vacunas como Sputnik V® y Sinopharm®, las que muestran una efectividad notable superior al 78 % contra infección, siendo Sinopharm® especialmente efectiva en población joven con un 96,4 % de protección en menores de 60 años.^(21,22,23) Estas opciones resultan particularmente valiosas para países con limitaciones en la cadena de frío.
- Las vacunas como CoronaVac y AstraZeneca® presentan una efectividad moderada contra la infección (entre 50-66 %), pero mantienen una protección significativa contra casos graves y hospitalización, superando el 85 %.^(22,24,25,26,27) Su principal ventaja radica en la facilidad de almacenamiento y distribución, haciéndolas ideales para países en desarrollo.

Tabla 5 - Análisis de la efectividad de vacunas COVID-19

Vacuna	Efectividad general	Metodología	Recomendación
Pfizer-BioNTech® (BNT162b2)	90 % contra infección, 94 % contra COVID-19 sintomático	Estudio de cohorte histórico con 1 178 597 personas	Altamente efectiva en todos los grupos de edad. Recomendada como vacuna principal en países con ultracongelación Efectividad variable: 92 % (16-44 años), 82 % (>75 años), 71 % en inmunosuprimidos. Ideal para personal sanitario y grupos de riesgo
Moderna® (mRNA-1273)	87,4 % contra infección, 95,8 % contra hospitalización	Estudio de cohorte prospectivo con 352 878 personas	Excelente protección contra casos graves (97,9 % contra muerte hospitalaria) Efectiva contra variantes Alpha (41,6 %) y Delta (11,5 %) Alta efectividad contra COVID-19 sintomático (88,3 %) y asintomático (72,7 %) Ideal para países con infraestructura de cadena de frío
Johnson & Johnson® (Ad26.COV2. S)	70 % contra hospitalización	Análisis caso-control multicéntrico con 6 208 adultos	Efectividad moderada pero estable hasta 180 días Similar eficacia contra variantes Alpha y Delta Mantiene efectividad del 70-73 % durante los primeros seis meses Ideal para zonas con dificultad logística por ser monodosis
Sputnik V® (Gam-COVID-Vac)	78,6 % contra infección, 87,6 % contra hospitalización	Estudio de cohorte retrospectivo con 40 387 vacunados	Buena efectividad desde primera dosis con 84,8 % contra muertes Estudio realizado en población de 60-79 años de edad mostró alta efectividad Recomendada para países con limitaciones de cadena de frío y capacidad de producción local
AstraZeneca® (ChAdOx1)	50 % (2 dosis), 67-79 % en combinación	Estudio de cohorte nacional retrospectivo	Mayor efectividad en esquemas mixtos: 67 % con Pfizer-BioNTech®, 79 % con Moderna® Efectividad modesta con esquema homólogo (50 %) Ideal para países en desarrollo por su facilidad de almacenamiento y costo accesible.

Sinopharm® (BBIBP-CorV)	88,5 % ajustada, mejor en <60 años	Estudio de cohorte retrospectivo	Alta efectividad en menores 60 años (96,4 %) vs. 53,3 % en mayores. Diferencias por género: 92,6 % en mujeres, 83,8 % en hombres Recomendada para países con población predominantemente joven Recomendada para países con población joven y limitaciones de cadena de frío
Sinovac® (CoronaVac)	65,9 % contra la COVID-19, 87,5 % contra hospitalización	Cohorte observacional prospectivo nacional	Buena protección contra casos graves: 90,3 % contra UCI, 86,3 % contra muerte Efectividad moderada contra infección, pero alta contra casos graves Ideal para países en desarrollo por facilidad de almacenamiento Ideal para países en desarrollo por su facilidad de almacenamiento y producción masiva
CanSino® (Ad5-nCoV)	20 % contra enfermedad, 76 % contra hospitalización	Cohorte de 43 925 trabajadores	Efectividad que disminuye con el tiempo: 48 % (14-60 días) a 20 % (61-120 días) Mayor efectividad pre-Delta (53 %) que durante (18 %). 94 % contra muerte Recomendada como opción de dosis única en zonas de difícil acceso
Abdala® (CIGB-66)	98,2 % contra enfermedad grave	Cohorte retrospectivo observacional	Muy alta efectividad: 98,7 % contra muerte en esquema completo, 94,1 % con vacunación parcial. Excelente protección contra pacientes graves Recomendada para sistemas de salud con capacidad de producción local.
Covaxin® (BBV152)	71 % con esquema completo.	Estudio caso-control multicéntrico	Efectividad moderada-alta, 66 % contra variante Delta Mejor respuesta con intervalo 6-8 semanas entre dosis Recomendada para países con capacidad de producción propia y presencia de variantes locales
Novavax® (NVX-CoV2373)	31 % contra infección, 50 % contra COVID-19 sintomático	Cohorte retrospectiva de 20 903 adultos	Efectividad variable según tiempo posvacunación: máxima entre 30-59 días (53 %) Protección modesta que fluctúa con el tiempo Opción para países con recursos limitados

Un hallazgo significativo ha sido la efectividad mejorada en esquemas de vacunación mixtos, particularmente la combinación de AstraZeneca® con vacunas mRNA, que eleva la protección hasta un 79 %.⁽²²⁾

La vacuna Abdala® destaca por su sobresaliente efectividad del 98,2 % contra enfermedad grave,⁽²⁶⁾ mientras que CanSino® y Novavax® muestran una efectividad más modesta que tiende a disminuir con el tiempo.^(25,28)

La efectividad general de todas las vacunas tiende a ser menor en adultos mayores e inmunosuprimidos, y varía según las variantes virales circulantes. La variante Delta, por ejemplo, mostró impacto en la efectividad de varias vacunas,⁽²⁷⁾ aunque la protección contra enfermedad grave se mantuvo relativamente estable. Esta diversidad en efectividad y características permite adaptar las estrategias de vacunación según las necesidades específicas, recursos disponibles y características demográficas de cada región o población objetivo.

La monitorización continua ha demostrado que la mayoría de las vacunas mantienen una protección significativa contra hospitalización y muerte, incluso cuando su efectividad contra la infección disminuye con el tiempo. Esto subraya la importancia de considerar múltiples factores al seleccionar las vacunas más apropiadas para cada contexto específico.

Por lo que se puede concluir que la diversidad de vacunas contra el COVID-19 refleja la complejidad de los sistemas de salud globales, al no existir una vacuna universal, sino soluciones adaptadas a cada realidad epidemiológica, socioeconómica y sanitaria. Cada vacuna representa una respuesta específica diseñada para contextos particulares: desde las tecnologías de mRNA en países desarrollados hasta las vacunas de virus inactivado en regiones con infraestructura limitada.

La eficacia, efectividad y eficiencia varían según factores como densidad poblacional, condiciones de almacenamiento, acceso a servicios médicos y características genéticas de cada población.

Lo fundamental no es encontrar una solución única, sino comprender que la estrategia contra el COVID-19 requiere flexibilidad, adaptabilidad y un enfoque personalizado que reconozca las particularidades de cada sistema de salud.

Referencias bibliográficas

1. Burches E, Burches M. Efficacy, effectiveness and efficiency in the health care: the need for an agreement to clarify its meaning. Int Arch Public Health Community Med. 2020;4(1):1-3. [acceso 25/04/2025]. Disponible en: <https://clinmedjournals.org/articles/iaphcm/international-archives-of-public-health-and-community-medicine-iaphcm-4-035.php>
2. Patel P. Efficacy, Effectiveness, and Efficiency. National J of Community Med. 2021 [acceso 27/04/2025];12(02):33-9 Disponible en: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1203220>
3. Polack FP, Thomas SJ, Kitchin N, Absalon J, Gurtman A, Lockhart S, *et al.* Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. New England Journal of medicine. 2020 383(27):2603-15 DOI: [10.1056/NEJMoa2034577](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2034577)
4. El Sahly HM, Baden LR, Essink B, Doblecki-Lewis S, Martin JM, Anderson EJ, *et al.* Efficacy of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine at completion of blinded phase. New England Journal of Medicine. 2021;385(19):1774-85 DOI: [10.1056/NEJMoa2113017](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2113017)
5. Sadoff J, Gray G, Vandebosch A, Cárdenas V, Shukarev G, Grinsztejn B, *et al.* Safety and efficacy of single-dose Ad26. COV2. S vaccine against Covid-19. New England Journal of Medicine. 2021;384(23):2187-201. DOI: [10.1056/NEJMoa2101544](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2101544)
6. Logunov DY, Dolzhikova IV, Shcheblyakov DV, Tukhvatulin AI, Zubkova OV, Dzharullaeva AS, *et al.* Safety and efficacy of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: an interim analysis of a randomized controlled phase 3 trial in Russia. The Lancet. 2021 [acceso

25/04/2025];397(10275):671-81 Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)00234-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00234-8/fulltext)

7. Voysey M, Clemens SAC, Madhi SA, Weckx LY, Folegatti PM, Aley PK, *et al.* Safety and efficacy of the ChAdOx1 nCoV-19 vaccine (AZD1222) against SARS-CoV-2: an interim analysis of four randomized controlled trials in Brazil, South Africa, and the UK. The Lancet. 2021 [acceso 25/04/2025];397(10269):99-111 Disponible en: [https://www.thelancet.com/article/S0140-6736\(20\)32661-1/fulltext](https://www.thelancet.com/article/S0140-6736(20)32661-1/fulltext)

8. Halperin SA, Ye L, MacKinnon D, Smith B, Cahn PE, Ruiz GM, *et al.* Final efficacy analysis, interim safety analysis, and immunogenicity of a single dose of recombinant novel coronavirus vaccine (adenovirus type 5 vector) in adults 18 years and older: an international, multicenter, randomized, double-blinded, placebo-controlled phase 3 trial. The Lancet. 2022 [acceso 25/04/2025];399(10321):237-48. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)02753-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)02753-7/fulltext)

9. Jin L, Li Z, Zhang X, Li J, Zhu F. CoronaVac: A review of efficacy, safety, and immunogenicity of the inactivated vaccine against SARS-CoV-2. Human vaccines & immune therapeutics. 2022 [acceso 25/04/2025];18(6):2096970 Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21645515.2022.2096970>

10. Al Kaabi N, Zhang Y, Xia S, Yang Y, Al Qahtani MM, Abdulrazzaq N, *et al.* Effect of 2 inactivated SARS-CoV-2 vaccines on symptomatic COVID-19 infection in adults: a randomized clinical trial. Jama. 2021 [acceso 25/04/2025];326(1):35-45 Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2780562>

11. Ella R, Reddy S, Blackwelder W, Potdar V, Yadav P, Sarangi V, *et al.* Efficacy, safety, and lot-to-lot immunogenicity of an inactivated SARS-CoV-2 vaccine (BBV152): interim results of a randomized, double-blind, controlled, phase 3 trial. The Lancet. 2021 [acceso 25/04/2025];398(10317):2173-84 Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)02000-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)02000-6/fulltext)

12. Hernández F, Ricardo MC, Martín Y, Rodríguez E, Urrutia K, Urrutia K, *et al.* A phase 3, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial evaluation of the efficacy

- and safety of a SARS-CoV-2 recombinant spike RBD protein vaccine in adults (ABDALA-3 study). The Lancet Regional Health–Americas. [acceso 25/04/2025];2023 ;21 Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X\(23\)00071-6/full text](https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X(23)00071-6/full text)
13. Heath PT, Galiza EP, Baxter DN, Boffito M, Browne D, Burns F, *et al.* Safety and efficacy of NVX-CoV2373 Covid-19 vaccine. New England Journal of Medicine. 2021 [acceso 25/04/2025];385(13):1172-83 Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2107659>
14. Chirico F, da Silva JAT, Tsigaris P, Sharun K. Safety & effectiveness of COVID-19 vaccines: A narrative review. Indian Journal of Medical Research. 2022 [acceso 25/04/2025];155(1):91-104 Disponible en: https://journals.lww.com/ijmr/fulltext/2022/01000/safety__effectiveness_of_covid_19_vaccines_a.16.aspx
15. Patel R, Kaki M, Potluri VS, Kahar P, Khanna DA. Comprehensive review of SARS-CoV-2 vaccines: Pfizer, Moderna & Johnson & Johnson. Human vaccines & immunotherapeutic. 2022 [acceso 25/04/2025];18(1):2002083. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21645515.2021.2002083>
16. Abufares HI, Oyoun L, Alqudah MA, Shara M, Soares NC, Alzoubi KH, *et al.* COVID-19 vaccines, effectiveness, and immune responses. International journal of molecular sciences. 2022 [acceso 25/04/2025];23(23):15415 Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/23/15415>
17. UNICEF. COVID-19 vaccine price data. New York, E.U.E.U.: UNICEF; 2023 [acceso 25/04/2025] Disponible en: <https://www.unicef.org/supply/documents/covid-19-vaccine-price-data>
18. Chodick G, Tene L, Rotem RS, Patalon T, Gazit S, Ben-Tov A, *et al.* The effectiveness of the two-dose BNT162b2 vaccine: analysis of real-world data. Clinical Infectious Diseases. 2022 [acceso 25/04/2025];74(3):472-8 Disponible en: <https://academic.oup.com/cid/article/74/3/472/6276888>
19. Bruxvoort KJ, Sy LS, Qian L, Ackerson BK, Luo Y, Lee GS, *et al.* Real-world effectiveness of the mRNA-1273 vaccine against COVID-19: Interim results from a

prospective observational cohort study. The Lancet Regional Health–Americas. 2022 [acceso 25/04/2025];6 Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X\(21\)00130-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X(21)00130-7/fulltext)

20. Lewis NM, Self WH, Gaglani M, Ginde AA, Douin DJ, Keipp H, *et al.* Effectiveness of the Ad26. COV2. S (Johnson & Johnson) coronavirus disease 2019 (COVID-19) vaccine for preventing COVID-19 hospitalizations and progression to high disease severity in the United States. Clinical Infectious Diseases. 2022 [acceso 25/04/2025];75(Sup2):S159S66 Disponible en: https://academic.oup.com/cid/article/75/Supplement_2/S159/6604454

21. González S, Olszevicki S, Salazar M, Calabria A, Regairaz L, Marín L, *et al.* Effectiveness of the first component of Gam-COVID-Vac (Sputnik V) on reduction of SARS-CoV-2 confirmed infections, hospitalizations and mortality in patients aged 60-79: a retrospective cohort study in Argentina. E Clinical Medicine. 2021;40:101126 DOI: [10.1016/j.eclinm.2021.101126](https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101126)

22. Nordström P, Ballin M, Nordström A. Effectiveness of heterologous ChAdOx1 nCoV-19 and mRNA prime-boost vaccination against symptomatic Covid-19 infection in Sweden: A nationwide cohort study. The Lancet Regional Health–Europe. 2021 [acceso 25/04/2025];11 Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanep/article/PIIS2666-7762\(21\)00235-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanep/article/PIIS2666-7762(21)00235-0/fulltext)

23. Zhang Y, Belayachi J, Yang Y, Fu Q, Rodewald L, Li H, *et al.* Real-world study of the effectiveness of BBIBP-CorV (Sinopharm) COVID-19 vaccine in the Kingdom of Morocco. BMC public health. 2022 [acceso 27/04/2025];22(1):1584. Disponible en: <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-022-14016-9>

24. Jara A, Undurraga EA, González C, Paredes F, Fontecilla T, Jara G, *et al.* Effectiveness of an inactivated SARS-CoV-2 vaccine in Chile. New England Journal of Medicine. 2021 [acceso 27/04/2025];385(10):875-84 Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2107715>

25. Richardson VL, Camacho MA, Bautista A, Martínez L, Castro LE, Cruz V, *et al.* Vaccine effectiveness of CanSino (Adv5-nCoV) coronavirus disease 2019 (COVID-19)

vaccine among childcare workers—Mexico, March–December 2021. Clinical Infectious Diseases. 2022 [acceso 27/04/2025];75(Sup_2):S167-S73 Disponible en: https://academic.oup.com/cid/article/75/Supplement_2/S167/6611492

26. Más PI, Dickinson FO, Almenares K, Sánchez L, Guinovart- R, Vidal M, *et al.* Cuban Abdala vaccine: Effectiveness in preventing severe disease and death from COVID-19 in Havana, Cuba; A cohort study. The Lancet Regional Health–Americas. 2022 [acceso 27/04/2025];16 Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X\(22\)00183-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanam/article/PIIS2667-193X(22)00183-1/fulltext)

27. Bhatnagar T, Chaudhuri S, Ponnaiah M, Yadav PD, Sabarinathan R, Sahay RR, *et al.* Effectiveness of BBV152/Covaxin and AZD1222/Covishield vaccines against severe COVID-19 and B. 1.617. 2/Delta variant in India, 2021: a multi-centric hospital-based case-control study. Internat J of Infect Dis. 2022 [acceso 27/04/2025];122:693-702 Disponible en: [https://www.ijidonline.com/article/S1201-9712\(22\)00427-1/fulltext](https://www.ijidonline.com/article/S1201-9712(22)00427-1/fulltext)

28. Mateo A, Sacco C, Petrone D, Bella A, Riccardo F, Del Manso M, *et al.* Estimated effectiveness of a primary cycle of protein recombinant vaccine NVX-CoV2373 against COVID-19. JAMA Network Open. 2023 [acceso 27/04/2025];6(10):e2336854-e. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2810134>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: José Miguel Flores González.

Curación de datos: Miriam Estefanía Martínez De la Torre.

Análisis formal: José Miguel Flores González.

Adquisición de fondos: José Miguel Flores González.

Investigación: Miriam Estefanía Martínez De la Torre.

Metodología: José Miguel Flores González.

Administración de proyecto: José Miguel Flores González.

Recursos: José Miguel Flores González; Miriam Estefanía Martínez De la Torre

Software: José Miguel Flores González.

Supervisión: Miriam Estefanía Martínez De la Torre.

Validación: José Miguel Flores González.

Visualización: Miriam Estefanía Martínez De la Torre.

Redacción - borrador original: José Miguel Flores González.

Redacción - revisión y edición: José Miguel Flores González; Miriam Estefanía Martínez De la Torre.