
Artículo de investigación clínica

Análisis costo-beneficio de las vacunas para COVID-19 en Colombia

Rafael Niño Castro¹, Brandon Stiven Arcos Gomez², Andrea Franco Sierra^{1*} & Diego Restrepo¹

¹ Área de Economía de la Salud, Invalue Health Solutions, Cl. 23 #68-50, 8-604, Bogotá D. C., Colombia

² Departamento de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia, Av. Cra. 30 # 45-03, Bogotá D. C., Colombia

*Autor de correspondencia: andrea.franco@invaluehs.com

Recibido: 18 de junio de 2024

Corregido: 4 de febrero de 2025

Aceptado: 11 de febrero de 2025

<https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v54n1.115040>

RESUMEN

Introducción: Se realizó un estudio costo-beneficio en donde se estimó el impacto en la productividad debido a la introducción de las vacunas COVID-19 en el año 2021 en Colombia. **Métodos:** Se simuló un escenario de no vacunación al retirar la protección de las vacunas administradas. Se desarrolló un modelo en Excel mediante un árbol de decisión para evaluar los escenarios desde la perspectiva de la sociedad. Las entradas de efectividad y de costos se obtuvieron de literatura, y fueron valoradas mediante el manual tarifario ISS 2001 + 30%. **Resultados:** Los escenarios propuestos evalúan la productividad por mortalidad prematura e incapacidad laboral, y el costo médico. Los resultados del modelo indican que los años de productividad ganados debido al escenario con vacunación fueron de 16.586, el costo médico evitado fue de COP 3,598 billones (749.583 USD; 1 USD 0 4.800COP), el costo de productividad perdida fue de COP 352,48 mil millones (73.334 USD). **Conclusión:** el Informe de Coyuntura Económica Regional (ICER) obtenido fue 10,21 y el beneficio neto fue de COP 3.246 billones (676.250 USD) desde la perspectiva de la sociedad.

Palabras clave: Análisis Costo Beneficio; Vacunas COVID-19; Colombia.

SUMMARY

Cost-benefit analysis of COVID-19 vaccines in Colombia

Introduction: A cost-benefit study was conducted to estimate the impact on productivity due to the introduction of COVID-19 vaccines in 2021 in Colombia. **Methods:** A non-vaccination scenario was simulated by withdrawing protection from the administered vaccines. An Excel model was developed using a decision tree to evaluate the scenarios from a societal perspective. Effectiveness and cost inputs were obtained from the literature and assessed using the ISS 2001 + 30% tariff manual. **Results:** The proposed scenarios evaluate productivity due to premature mortality and work disability, and medical costs. The model results indicate that the years of productivity gained due to the vaccination scenario were 16,586, the avoided medical costs were COP 3.598 trillion (USD 749,583; USD 1 0 COP 4,800), and the cost of lost productivity was COP 352.48 billion (USD 73,334). **Conclusion:** The Regional Economic

Situation Report (RESP) obtained was 10.21, and the net benefit was COP 3.246 trillion (USD 676,250) from a societal perspective.

Keywords: Cost-Benefit Analysis; COVID-19 Vaccines; Colombia.

RESUMO

Análise de custo-benefício das vacinas contra a COVID-19 na Colômbia

Introdução: Um estudo de custo-benefício foi conduzido para estimar o impacto na produtividade devido à introdução das vacinas contra a COVID-19 em 2021 na Colômbia. **Métodos:** Foi simulado um cenário de não vacinação retirando a proteção das vacinas administradas. Um modelo de árvore de decisão foi desenvolvido no Excel para avaliar os cenários de uma perspectiva social. Os dados de eficácia e custo foram obtidos da literatura e avaliados utilizando o manual tarifário ISS 2001 + 30%. **Resultados:** Os cenários propostos avaliam a produtividade devido à mortalidade prematura e incapacidade para o trabalho, e os custos médicos. Os resultados do modelo indicam que os anos de produtividade ganhos devido ao cenário de vacinação foram de 16.586, o custo médico evitado foi de COP 3,598 trilhões (US\$ 749.583; US\$ 10 COP 4.800) e o custo de produtividade perdida foi de COP 352,48 bilhões (US\$ 73.334). **Conclusão:** O Relatório de Situação Econômica Regional (ICER) obtido foi de 10,21 e o benefício líquido foi de COP 3,246 trilhões (US\$ 676.250) da perspectiva da sociedade.

Palavras-chave: Análise de Custo-Benefício; Vacinas para o covid-19; Colômbia.

1. INTRODUCCIÓN

En diciembre de 2019, se detectó por primera vez un brote de neumonía en Wuhan (Hubei, China) posteriormente llamado SARS-CoV2, el cual se extendió por China continental y luego a otros países del mundo, llegando a notificarse, para el 17 de febrero de 2020, cerca de 70.000 casos confirmados en todo el mundo [1]. Posteriormente, la OMS declaró pandemia por COVID-19 el 11 de marzo de 2020 e instó a los países a tomar acciones de identificación, control, aislamiento, seguimiento y medidas de prevención de contagio [2].

Los síntomas por infección de SARS-CoV2 pueden diferir según el paciente; en general, se desarrolla un cuadro agudo a moderado, sin necesidad de hospitalización con fiebre, tos, cansancio generalizado y pérdida del gusto y olfato. No obstante, en cuadros clínicos severos los pacientes experimentan dificultad para respirar, disfagia, ataxia, dolor de pecho hasta incluso pérdida de la movilidad. En consecuencia, algunos pacientes requieren hospitalizaciones para superar el cuadro de infección o en el peor de los casos el paciente requiere manejo en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) para salvar su vida; Finalmente, el paciente puede quedar recuperado sin secuelas, recuperado con secuelas o morir [3, 4].

Desde finales del año 2020 se ha avanzado a nivel mundial en la implementación de programas de vacunación contra COVID-19 debido al desarrollo de vacunas por parte de laboratorios como: Pfizer-Bio-Ntech (vacuna Pfizer), Oxford-AstraZeneca (vacuna AstraZeneca), Moderna (vacuna Moderna, vacuna ARNm-1273), Janssen (vacuna Janssen, vacuna JNJ-78436735) y SINOVAC (vacuna CoronaVac). En Colombia, la vacunación masiva contra el COVID-19 comenzó en febrero de 2021 en el marco del Plan Nacional de Vacunación adoptado mediante el Decreto 109 de 2021 y modificado por los Decretos 404, 466, 630, 744 y 1671 de 2021. Este plan se dividió en dos fases, y cinco etapas [5]. La primera fase incluyó las etapas 1, 2 y 3; donde su principal objetivo fue reducir la morbimortalidad y el número de casos graves que requieren una asistencia sanitaria más compleja. Posteriormente, continuaron las Fases 4

y 5, cuyo objetivo fue proteger a la población general y reducir la transmisión comunitaria del virus.

El Ministerio de Salud y Protección Social, ente rector del sistema de salud y responsable del diseño, seguimiento, monitoreo y evaluación del Plan Nacional de Vacunación contra el COVID-19 en Colombia, estableció la Cohorte Esperanza, con el objetivo de evaluar y monitorear sistemáticamente el plan de vacunación en conjunto con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). La Cohorte Esperanza estuvo constituida por todos los habitantes del territorio colombiano, los cuales hacen parte de la población objeto del Plan Nacional de Vacunación contra el COVID-19 [6]. Cabe resaltar que a nivel macroeconómico la propagación de la pandemia COVID-19, conllevó a Colombia a finales de marzo de 2020 a establecer cuarentenas en todo el país, con el objetivo de mitigar el contagio y minimizar las muertes causadas por la pandemia [7, 8]. Las medidas de distanciamiento físico, las cuarentenas y el confinamiento voluntario en población, condujo a que se redujeran las actividades de producción y comercio a nivel nacional, agravando la situación financiera de los hogares colombianos. Durante la pandemia se cerraron empresas, hubo destrucción del tejido empresarial, como también pérdida de empleos e ingresos de los trabajadores [7, 8]. Otro aspecto importante para resaltar fue la incapacidad laboral generada por el contagio de SARS-CoV2 y el tiempo de tratamiento, es decir, quien contrajo el virus dejó de trabajar al menos 7 días o murió, y a través de este hecho se puede establecer la pérdida de productividad. En consecuencia, las vacunas contra la COVID-19 pretenden disminuir el riesgo de morbilidad, disminuir la severidad de la enfermedad, reducir los eventos por hospitalización y reducir los eventos de muerte [9]. Este estudio costo-beneficio tiene como objetivo determinar la razón costo-beneficio de introducir las vacunas COVID-19 y el impacto en la productividad para la sociedad en Colombia para el año 2021.

2. METODOLOGÍA

2.1. Modelo

Para el estudio de costo-beneficio se desarrolló un modelo de árbol de decisión en Microsoft Excel®, el cual permite modelar una enfermedad transmisible no crónica que se auto resuelve en un plazo menor a un año, en la cual las intervenciones médicas prolongan la vida o mitigan la carga de síntomas de la enfermedad. El modelo propuesto plantea un escenario con vacunación (escenario de referencia) y un escenario sin vacunación, en el cual se retira el efecto protector de las vacunas (Ver Figura 1).

Las vacunas incluidas en el análisis fueron las aprobadas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) [10]: Pfizer-Biontech [11], Astrazeneca [12], Janssen [13], Coronavac-Sinovac [14] y Moderna [15], cuya efectividad fue obtenida de una revisión Cochrane de efectividad y seguridad [16]. El modelo incorpora las probabilidades de ser un paciente vacunado que muere o sobrevive después de haber cursado la enfermedad; pudiendo recibir diferentes tratamientos según la severidad de esta (paciente sintomático, sintomático UCI y no sintomático). Se consideró un horizonte temporal de 1 año, desde el 17 de abril de 2021 hasta el 17 de abril de 2022, dado que se tiene registro de datos en esta temporalidad y ajustar la simulación para estimar la productividad e incapacidades generadas en este año, empleando el PIB per cápita reportado por el DANE [17] como referencia de la productividad anual de un colombiano. No se empleó tasa de descuento, ni ajustes por inflación debido al horizonte temporal utilizado.

Se incluyeron los siguientes desenlaces: 1) Número de muertes por causa directa a COVID-19. 2) Años potencialmente perdidos por muerte prematura (AVP). 3) Años de vida por incapacidad (AVI) y 4) Años perdidos de productividad (AVP + AVI). Para los AVP se tomó la cantidad de muertes observadas en cada escenario, es decir, una persona fallecida aporta solo un año de pérdida de productividad por muerte.

Se incorporaron los costos relacionados con la vacunación (costo de adquisición por dosis vacuna + costo por dosis de la vacuna + costo de la prueba confirmatoria de SARS-CoV2 (solo aplica para pacientes sintomáticos)). No se consideró el transporte de las vacunas y el costo médico por tratamiento que puede variar según la severidad de la enfermedad. En el escenario sin vacunación, no se asumieron los costos de adquisición ni el costo de administración de las vacunas.

Finalmente, para hallar el costo de la productividad ganada en cada escenario se procedió a multiplicar los años perdidos de productividad por un PIB per Cápita del año 2021, luego se procedió a calcular la razón de costo-beneficio incremental teniendo en cuenta los costos médicos de cada escenario. La interpretación del Informe de Coyuntura Económica Regional (ICER) permite conocer el aumento en productividad por cada peso invertido en costo médico directo.

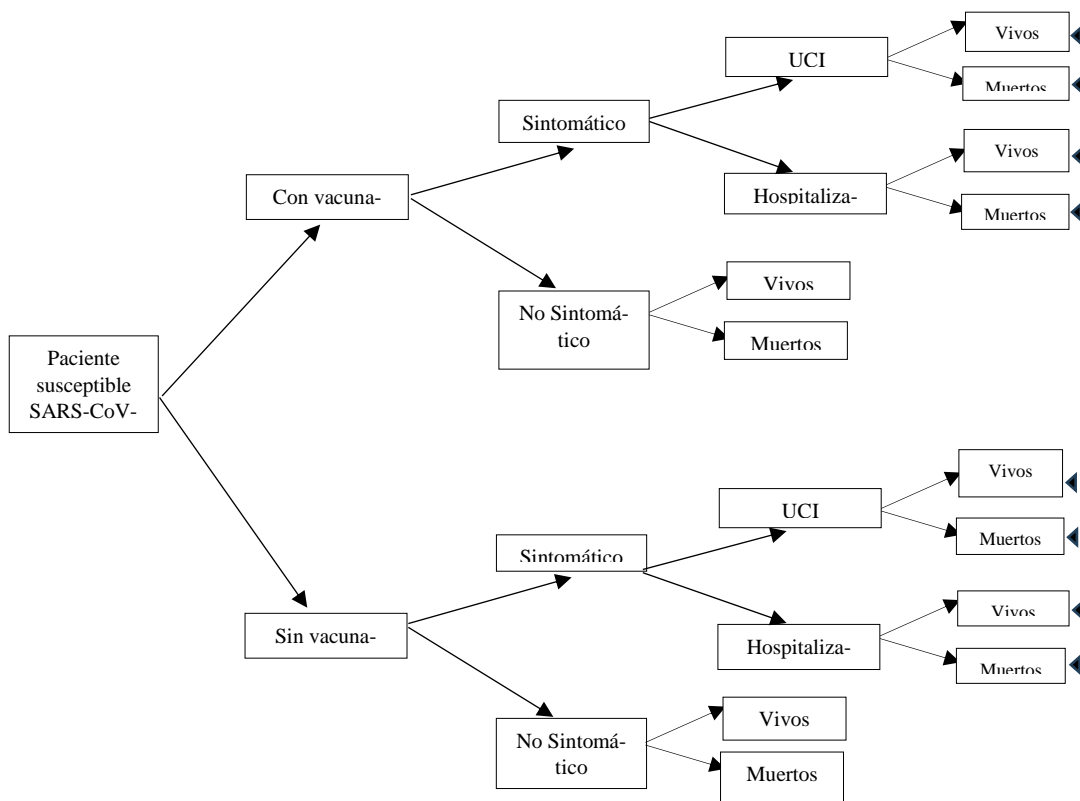


Fig. 1. Modelo Árbol de Decisión.

2.1.1. Entradas del modelo

2.1.1.1. Datos demográficos y datos de la enfermedad

La población objetivo se estimó partir del registro del programa de vacunación COVID-19 y los protocolos de vacunación [9, 5, 17, 18] en el periodo de estudio. Los datos de la población, los porcentajes de vacunación con cada vacuna y la cantidad de dosis aplicadas por esquema

de vacunación fueron obtenidos de fuentes de datos públicas [19, 20]. La razón de tasas de mortalidad y de hospitalización fueron obtenidas de los informes técnicos de la Cohorte Esperanza [6, 21, 22], mientras que el porcentaje de población no sintomática, porcentaje de mortalidad en UCI, la mortalidad en hospitalización y la mortalidad no sintomática, fueron obtenidos de literatura [23, 24]. Los días de incapacidad fueron tomados de la Circular Conjunta 004 de 2022 [9] y la Resolución 914 de 2020 [25]. En la tabla 1, se observan los parámetros del caso base.

Tabla 1. Parámetros del caso base.

Variable	Caso base	Valor mínimo	Valor máximo	Fuente
Población Vacunada	35.000.000	33.250.000	36.750.000	Autores [22]
% Pob. Vacunada Pfizer-Bio-Ntech	28%	26,8%	29,6%	[23]
% Pob. Vacunada Oxford-AstraZeneca	14%	13,7%	15,1%	[23]
% Pob. Vacunada Moderna	20%	19,4%	21,4%	[23]
% Pob. Vacunada Jnj-78436735 De Janssen	10%	9,8%	10,8%	[23]
% Pob. Vacunada CoronaVac	27%	25,4%	28,0%	[23]
% Pob. con 1ra Dosis	51%	48,9%	54,0%	[23]
% Pob. Con 2da Dosis	34%	32,5%	35,9%	[23]
% Pob. Dosis Refuerzo	14%	13,7%	15,1%	[23]
Relación Tasas Hospitalización*	2	1,86	2,05	[24-26]
Relación Tasa Mortalidad*	2	1,96	2,16	[24-26]
% Pob. No Sintomática	65%	61,7%	68,2%	[27]
% Mortalidad UCI	46%	43,9%	48,5%	[27]
% Mortalidad Hospitalización	33%	31,6%	35,0%	[28]
% Mortalidad No Sintomática	2%	1,8%	2,0%	[28]
% Protección Pfizer-Bio-Antich	95,0%	90,3%	99,8%	[29]
% Protección Oxford-AstraZeneca	62,1%	59,0%	65,2%	[29]
% Protección Moderna	94,1%	89,4%	98,8%	[29]
% Protección Jnj-78436735 De Janssen	66,1%	62,8%	69,4%	[29]
% Protección CoronaVac	67,0%	63,7%	70,4%	[29]
Tasa de fallecidos Vacunados	0,2%	0,2%	0,2%	[24-26]
Tasa de fallecidos No Vacunados	2,0%	1,9%	2,1%	[24-26]
Tasa de hospitalización vacunados	0,7%	0,7%	0,8%	[24-26]
Tasa de hospitalización NO Vacunados	2,5%	2,3%	2,6%	[24-26]
Días de incapacidad población no sintomática	7	6,9	7,6	[14]
Días de incapacidad Población sintomática UCI	21	20,0	22,1	[14]
Días de incapacidad Población sintomática Hospitalización	14	13,3	14,7	[15]
Costo Vacuna Pfizer-Bio-Antich	\$ 44.655	\$ 42.422	\$ 46.888	[30]
Costo Vacuna Oxford-AstraZeneca	\$ 22.327	\$ 21.210	\$ 23.443	[30]
Costo Vacuna Moderna	\$ 86.202	\$ 81.892	\$ 90.512	[30]
Costo vacuna Janssen	\$ 34.112	\$ 32.407	\$ 35.818	[30]
Costo Vacuna CoronaVac	\$ 9.699	\$ 56.714	\$ 62.684	[30]
Costo día de incapacidad	\$ 59.949	\$ 56.952	\$ 62.947	Autores
Costo aplicación vacuna	\$ 94.371	\$ 89.652	\$ 99.090	[31]
Costo PIB per Cápita 2021 (COP)	\$ 22.796.648	\$ 21.656.816	\$ 23.936.481	[32]
Costo de atención asintomático	\$ 1.730.586	\$ 1.644.057	\$ 1.817.115	Autores

Costo de atención sintomático hospitalización	\$ 15.899.535	\$ 15.104.558	\$ 16.694.511	Autores
Costo de atención paciente sintomático UCI	\$ 35.732.621	\$ 33.945.990	\$ 37.519.252	Autores
Prueba confirmatoria PCR-RT	\$ 266.903	\$ 253.558	\$ 280.248	[33]

(Vacunados vs. No vacunados) *Fuente: Autores 2023

Tabla 2. Tasas de hospitalización y muerte por COVID-19 según estado de vacunación por grupos etarios. Colombia, 28 noviembre de 2021 – 08 enero de 2022.

Grupo edad	Hospitalización por COVID-19				Mortalidad por COVID-19			
	Tasa en no vacunados	Tasa en vacunados	Razón de tasas	IC 95%	Tasa en no vacunados	Tasa en vacunados	Razón de tasas	IC 95%
30-39	3	1,3	2,3	1,9-2,8	1,7	0,4	4,6	4,3-5,0
40-49	7	2,1	3,3	3,1-3,5	4,8	0,5	9,9	9,8-10,1
50-59	14,8	3,6	4,1	4,0-4,3	11,1	1,8	6	5,9-6,2
60-69	32,9	8	4,1	4,0-4,2	34,4	6,8	5,1	5,0-5,2
70-79	59,4	19	3,1	3,0-3,3	77,3	18,2	4,2	4,1-4,4
80 y más	172,1	34,8	5	4,8-5,1	274,3	51,4	5,3	5,3-5,4

Fuente: Cohorte Esperanza

2.1.1.2. Costos relacionados

El costo de adquisición por dosis de vacuna fue tomado del del informe al Congreso del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República en 2022 [26]. El costo de aplicación por dosis de vacuna fue tomado de la Resolución 651 de 2021 [27] y el costo de la prueba de confirmatoria de SARS-CoV2 fue tomada de la Resolución 1630 de 2020 [28]. El costo de incapacidad fue calculado como la división del producto interno bruto del año 2021 dividido en los 365 días al año, el valor del PIB per cápita para el año 2021 fue tomado del DANE [17, 29]. La identificación y caracterización de los recursos en salud empleados en pacientes asintomáticos, sintomáticos y sintomáticos UCI fueron hallados en la guía de lineamientos para el manejo clínico de pacientes con infección por nuevo coronavirus COVID-19 [30], estos recursos en salud fueron valorados mediante el manual tarifario ISS 2001 + 30% [31] según las recomendaciones del Instituto de Evaluación en Tecnologías Sanitarias-IETS [32].

2.1.2. Salidas del Modelo

El modelo evalúa el valor monetario de los años de productividad estimando la sumatoria de los años potencialmente perdidos más los años de vida por incapacidad. Para calcular las incapacidades, se asume que una persona solo puede tener una incapacidad médica 1 vez al año por COVID 19. Una vez se conocen los años de productividad perdidos, se multiplica por un PIB per cápita de 2021 para determinar el valor de la productividad asociada. Además, el modelo calcula los costos médicos de la atención hospitalaria de los casos sintomáticos.

2.2. Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad determinístico para establecer cuáles variables impactan más en el ICER. Además, se realizó un análisis de sensibilidad probabilística de 1000 iteraciones. Para parámetros como tasas y probabilidades de ocurrencia se empleó una distribución beta, para los parámetros de costos se empleó una distribución gamma, y para el resto de las variables, se empleó una distribución normal.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados del caso base

Se determinó que el escenario con mayor costo médico fue aquel sin vacunación con COP 5,02 Billones en comparación con el escenario con vacunación que tuvo un costo esperado de COP 1,42 Billones (ver tabla 3). Los resultados clínicos determinaron que se espera mayor cantidad de años productivos perdidos por muerte prematura en el escenario sin vacunación, en comparación con el escenario de vacunación (3.918 vs. 123); de igual forma, los años perdidos por incapacidad fueron mayores en el escenario sin vacunación (17.462 vs. 5.149). Los años de productividad perdidos fueron mayores en el escenario sin vacunación en comparación con el escenario con vacunación (21.380 vs. 5.271). Los años de productividad evitados debido al escenario con vacunación fueron 16.109, el costo médico evitado fue de COP 3,59 Billones y el costo de productividad fue de COP 352,48 mil millones. Finalmente, el ICER obtenido fue -10,21, es decir que, por cada COP ahorrado en costo médico, el valor monetario de la productividad ganada fue de COP \$1. De igual forma, las diferencia entre los beneficios y costos basados en la metodología de beneficio neto fueron de COP 3,2 Billones a favor de la vacunación. El escenario con vacunación domina al escenario sin vacunación.

Tabla 3. Resultados del caso base

Alternativa	Escenario con vacunación	Escenario sin vacunación
Costo sanitario	COP 1.426.476.294.249	COP 5.025.455.690.067
Muertes año	123	3.918
Años de incapacidad	5.149	17.462
Años de productividad perdidos	5.271	21.380
Costo productividad	COP 115.346.259.909	COP 467.835.465.930
Años de productividad ganados	16.109	
Costo médico incremental	COP 3.598.979.395.818	
Costo productividad ganada incremental	-COP 352.489.206.020	
ICER	-10,21	

Fuente: Autores 2023.

3.2. Análisis de sensibilidad

Los resultados del análisis de sensibilidad se observan en las Fig. 2 y 3. En el diagrama de tornado se observó que las variables que más afectaron el modelo fueron, de mayor a menor impacto: el porcentaje de población no sintomática, porcentaje de mortalidad UCI y el costo de atención paciente UCI; en la Fig. 2, se observan las 14 variables que más impactan el modelo. En la Fig. 3, se observa el plano de costo-beneficio incremental de las 1000 iteraciones; aquí se observa que la nube de puntos hallada genera mayores costos médicos evitados y genera mayores costos de productividad ganados en el 100% de las simulaciones realizadas.

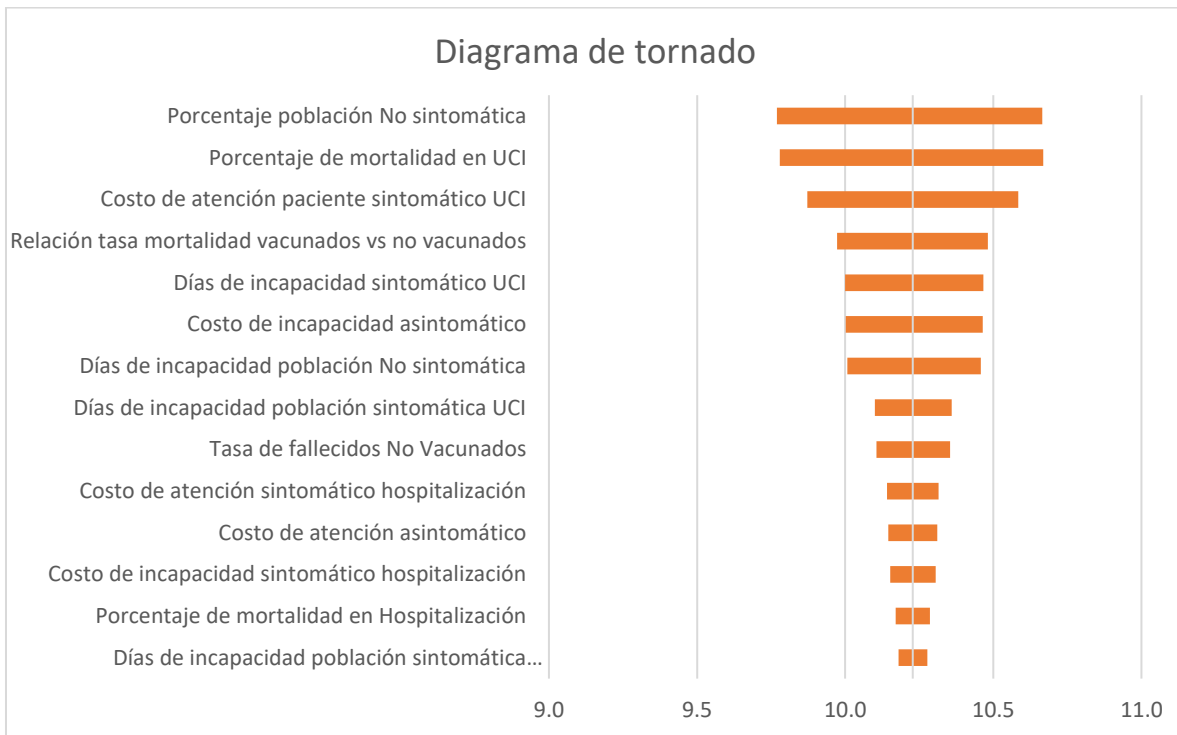


Fig. 2. Diagrama de tornado.

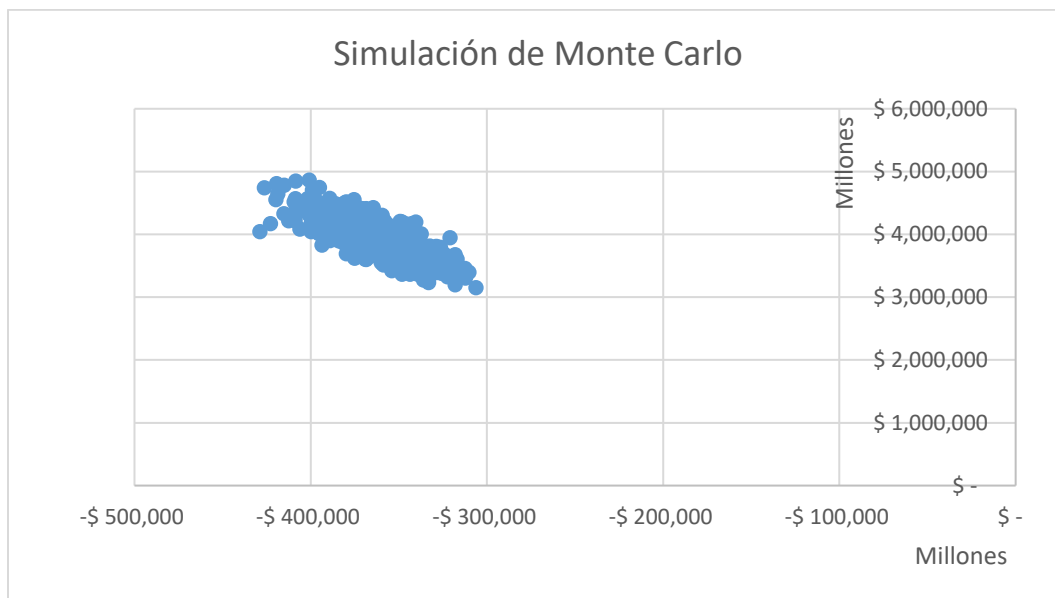


Fig. 3. Plano costo beneficio incremental.

4. DISCUSIÓN

Los resultados determinaron que la introducción de las vacunas COVID-19 a Colombia en el año 2021 generaron un ahorro potencial de COP 352.489.206.020 en productividad y un costo médico evitado de COP 3.598.979.395.818 desde la perspectiva de la sociedad, los cuales, son consistentes con la literatura publicada. Un estudio de impacto presupuestal realizado por Taborda *et al.* [33], determinó que la introducción de las vacunas COVID-19 en países de Latinoamérica generaría un ahorro potencial entre 100 -1500 millones de pesos de costos médicos

directos desde la perspectiva del tercer pagador; por su parte, un estudio costo beneficio de Reino Unido en el año 2021 [34, 35] determinó que la introducción de la vacunas COVID-19 generaría un esfuerzo financiero en dólares entre \$17.6 billones - \$4899 billones para el sistema de salud Reino Unido; un estudio costo-beneficio de los autores López *et al.* [36] determinó un ICER de 3,3 desde la perspectiva de la sociedad y un estudio costo-beneficio canadiense [37] determinó que la introducción de las vacunas COVID-19 generaría un ahorro potencial de costos de productividad de CAD \$222 billones (161.773.620.000 USD) desde la perspectiva de la sociedad.

Las vacunas COVID-19 a nivel mundial son consideradas como la estrategia más recomendada para mitigar el impacto de la Morbi-mortalidad por SARS-CoV2 [38]; sin embargo, es importante considerar que las acciones sociales tomadas por el gobierno de Colombia [39, 40], como el aislamiento voluntario, las cuarentenas obligatorias y las acciones de prevención y mitigación de contagio, pueden modificar el resultado del estudio, por lo cual la pérdida de productividad en el escenario sin vacunación puede ser mayor a lo simulado.

Por otro lado, existen limitaciones en cuanto a la disponibilidad de información dado que las bases de datos empleadas son de manejo público en su mayoría, información sensible al reporte por asegurador o prestador. Los valores de los días de incapacidad fueron tomados de referencias públicas, sin embargo, estos pueden ser mayores a los reportados; el presente estudio no tuvo en cuenta los gastos de inversión en estructuras, infraestructuras e insumos médicos y contratación de personal calificado para la gestión antes y después de la administración de las vacunas, ni el gasto de bolsillo de la población que recibió manejo no hospitalario. La mayoría de las fuentes de efectividad fueron tomadas del reporte de la Cohorte Esperanza, mientras que la fuente de costo de adquisición de las vacunas fue tomada del informe del DAPRE y la calidad de los reportes no fue evaluada.

5. CONCLUSIONES

La introducción de las vacunas COVID-19 en Colombia en el año 2021, generó ahorro de costos médicos directos y ganancia en productividad, generando beneficios para la sociedad.

La introducción de las vacunas COVID-19 en Colombia en el año 2021, generaría un costo de productividad ganada de COP 352.489.206.020 (73.435 USD (31)) y un costo médico evitado de COP 3.598.979.395.818 desde la perspectiva de la sociedad (749.787 USD). El ICER obtenido fue 10,21. El beneficio neto (37) fue de COP 3.246 Billones (676.250 USD).

El análisis determinístico indicó que las variables que más afectan el modelo son el porcentaje de población no sintomática, porcentaje de mortalidad UCI y el costo de atención paciente UCI.

El análisis probabilístico indicó que el escenario con vacunación generaría resultados dominantes a favor de la vacunación con costos médicos evitados y costos de pérdida de productividad evitados en todas las iteraciones evaluadas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue desarrollado con los aportes económicos de la organización Invalue Health Solutions, SAS.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno de los autores tiene conflictos de interés.

REFERENCIAS

1. Z. Zheng, F. Peng, B. Xu, J. Zhao, H. Liu, J. Peng, *et al.* Risk factors of critical & mortal COVID-19 cases: A systematic literature review and meta-analysis. *J. Infect.*, **81**(2), e16–e25 (2020). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.021>
2. Organización Panamericana de la Salud. *La OMS caracteriza a COVID-19 como una pandemia*. URL: <https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-covid-19-como-pandemia>. Accesado el 19 de septiembre de 2023.
3. Organización Mundial de la Salud. Vías de transmisión del virus de la COVID-19: repercusiones para las recomendaciones relativas a las precauciones en materia de prevención y control de las infecciones. URL: <https://www.who.int/es/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>. Accesado el 19 de septiembre de 2023.
4. J.C. Santos-Fuentes, V. Verano-Asiain, R.G. Olguín-Hernández, J.C. Ruvalcaba-Ledezma, S.Y. Cortés-Ascencio, J. Reynoso-Vázquez, L. López-Contreras & M.d.C.A. Hernández-Ceruelos. Sintomatología y factores de riesgo presentes en la enfermedad por SARS-CoV-2. *Journal of Negative and No Positive Results*, **6**(11), 1373-1386 (2021). Doi: <https://doi.org/10.19230/jonnpr.4172>
5. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Decreto 109 de 2021: Por el cual se adopta el Plan Nacional de Vacunación contra el COVID-19 y se dictan otras disposiciones. Bogotá D. C., 2021; 28 p. URL: <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO-109-29-ENERO-2021.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
6. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Cohorte Esperanza: Reporte Técnico 01. Dirección de Epidemiología y Demografía. Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud, Bogotá D. C., 2022; 41 p. URL: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/cohorte-esperanza-msps-reporte-1.pdf>
7. L. Lu, W. Zhong, Z. Bian, Z. Li, K. Zhang, B. Liang, *et al.* A comparison of mortality-related risk factors of COVID-19, SARS, and MERS: A systematic review and meta-analysis. *J. Infect.*, **81**(4), e18–e25 (2020). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.07.002>
8. E. Abuabara-Franco, J. Bohórquez-Rivero, J. Restom-Arrieta, I. Uparella-Gulfo, J. Sáenz-López & J. Restom-Tinoco. Infección por SARS-CoV-2 y enfermedad COVID-19: revisión literaria. *Revista Salud Uninorte*, **36**(1), 196–230 (2020). Doi: <https://doi.org/10.14482/sun.36.1.616.211>
9. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Ministerio del Trabajo. Circular Conjunta No. 004 de 2022: Recomendaciones para la protección laboral durante el cuarto pico de la pandemia por SARS-CoV-2 (COVID-19). Bogotá D. C., 2022; 3 p. URL: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Circular%20Conjunta%20No.004%20de%202022-.pdf
10. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Decreto 1787 del 2021: Por el cual se prorroga la vigencia del Decreto 1787 de 2020 que establece las condiciones sanitarias para el trámite y otorgamiento de la Autorización Sanitaria de Uso de Emergencia - ASUE para medicamentos de síntesis química y biológicos destinados al diagnóstico, la prevención y tratamiento de la COVID - 19 en vigencia de la emergencia sanitaria. Bogotá D. C., 2021; 3 p. URL: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/decreto-1781-de-2021.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
11. F.P. Polack, S.J. Thomas, N. Kitchin, J. Absalon, A. Gurtman, S. Lockhart, Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. *N. Engl. J. Med.*, **383**(27), 2603–2615 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2034577>
12. M. Voysey, S.A. Costa-Clemens, S.A. Madhi, L.Y. Weckx, P.M. Folegatti, P.K. Aley, *et al.* Safety and efficacy of the ChAdOx1 nCoV-19 vaccine (AZD1222) against SARS-CoV-2: an interim analysis of

- four randomised controlled trials in Brazil, South Africa, and the UK. *Lancet*, **397**(10269), 99–111 (2021). Doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32661-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32661-1)
13. J. Sadoff, G. Gray, A. Vandebosch, V. Cárdenas, G. Shukarev, B. Grinsztejn, *et al.* Safety and efficacy of single-dose Ad26. COV2.S vaccine against Covid-19. *N. Engl. J. Med.*, **384**(23), 2187–2201 (2021). Doi: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2101544>
 14. World Health Organization. Evidence Assessment: Sinovac/CoronaVac COVID-19 vaccine. Geneva, 2021; 32 p. URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/immunization/sage/2021/april/5_sage29apr2021_critical-evidence_sinovac.pdf. Accesado el 6 de octubre de 2023.
 15. L.R. Baden, H.M. El Sahly, B. Essink, K. Kotloff, S. Frey, R. Novak, *et al.* Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. *N. Engl. J. Med.*, **384**(5), 403–416 (2021). Doi: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2035389>
 16. C. Graña, L. Ghosn, T. Evrenoglou, A. Jarde, S. Minozzi, H. Bergman, *et al.* Efficacy and safety of COVID-19 vaccines. *Cochrane Database Syst. Rev.*, **12**(12), CD015477 (2022). Doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD015477>
 17. República de Colombia, DANE. Producto Interno Bruto (PIB) nacional trimestral. Bogotá D. C. URL: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
 18. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Lineamientos técnicos y operativos para la vacunación contra el COVID-19. Bogotá D. C., 2021; 99 p. URL: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/lineamientos-tecnicos-operativos-covid19-anexos.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
 19. República de Colombia, Ministerio Salud y Protección social. Plan nacional de vacunación contra el COVID-19. Bogotá D. C., 2021. URL: <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/Vacunacion/Paginas/Vacunacion-covid-19.aspx>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
 20. República de Colombia, Ministerio Salud y Protección social. Aplicación de dosis de vacuna contra COVID-19. Bogotá D. C. URL: <https://www.datos.gov.co/en/Salud-y-Proteccion-Social/Aplicacion-de-dosis-de-vacuna-contra-COVID-19/prrv-jnta>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
 21. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Cohorte Esperanza: Reporte Técnico 02. Dirección de Epidemiología y Demografía. Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud, Bogotá D. C., 2022; 13 p. URL: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/cohorte-esperanza-msps-reporte-2.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
 22. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Cohorte Esperanza: Reporte Técnico 03. Dirección de Epidemiología y Demografía. Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud, Bogotá D. C., 2022; 13 p. URL: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/cohorte-esperanza-msps-reporte-3.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
 23. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Seguimiento de mortalidad por COVID. URL: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNzU4ZjUwNGEtNjhhNy00NmU4LWJmYTktYTY1YTZiMGFkNjlyIiwidCI6ImJmYjdlMTNhLTdmYjctNDAxNi00MzBjLWQzNzE2ZThkZDhiOCJ9>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
 24. D.R. Rodriguez-Lima, A.M. Pinzón-Rondón, C. Rubio-Ramos, D.I. Pinilla-Rojas, M.J. Niño-Orrego, M.A. Díaz-Quiroz, *et al.* Clinical characteristics and mortality associated with COVID-19 at high altitude: a cohort of 5161 patients in Bogotá, Colombia. *Int. J. Emerg. Med.*, **15**(1), 22 (2022). Doi: <https://doi.org/10.1186/s12245-022-00426-4>
 25. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución No. 914 de 2020: Por la cual se define la tarifa máxima o valor máximo a pagar, durante la emergencia sanitaria, por los servicios de Unidad de Cuidados Intensivos adulto, pediátrica y neonatal y de Unidad de Cuidado Intermedio adulto y pediátrica para la atención de pacientes con Coronavirus COVID-19 confirmados y se dictan otras disposiciones. Bogotá D. C., 2020; 5 p. URL: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20914%20de%202020.pdf. Accesado el 6 de octubre del 2023.

26. República de Colombia, Departamento Administrativo de la Presidencia de la República – DAPRE. Informe al Congreso DAPRE. Bogotá D. C., 2022. URL: <https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2022-10/INFORME%202022%20DAPRE.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
27. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución No. 651 de 2021: Por la cual se modifican los artículos 4, 6, 7 y 8 de la Resolución 166 de 2021 y se sustituye su Anexo Técnico 1. Bogotá D. C., 2021; 17 p. URL: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/Biblioteca-Digital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-651-de-2021.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
28. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 1630 de 2020: Por la cual se modifican los artículos 5 y 7 de la Resolución 1463 de 2020. Bogotá D. C., 2020; 5 p. URL: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%201630%20de%202020.pdf. Accesado el 6 de octubre del 2023.
29. República de Colombia, Banco de la República. Tasa de cambio del peso colombiano. Tasa de cambio Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar). Bogotá D. C. URL: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
30. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Lineamientos para el manejo clínico de pacientes con infección por nuevo coronavirus COVID-19. Bogotá D. C., 2020; 32 p. URL: <https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/PSSS03.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
31. República de Colombia, Instituto de Seguros Sociales. Acuerdo No. 256 de 2.001 (19 de Diciembre) por el cual se aprueba el "Manual De Tarifas" de la Entidad Promotora de Salud del Seguro Social "EPS-ISS". Bogotá D. C., 2001. URL: <https://lexsaludcolombia.files.wordpress.com/2010/10/tarifas-iss-2001.pdf>. Accesado el 6 de octubre del 2023.
32. R. Faria & A. Mejía (editores). *Documentos técnicos de apoyo a la construcción del caso de referencia colombiano para la evaluación económica en salud*. Instituto de Evaluación Tecnológica – IETS. Bogotá D.C., 2014; 91 p. URL: <https://www.iets.org.co/Archivos/67/Documentos-tecnicos-espanol.pdf>.
33. A.R. Taborda, D.A. Murillo, C. Moreno, P.A.R. Taborda, M. Fuquen, P.A. Díaz & D. Londoño. Análisis de impacto presupuestal de la vacunación contra COVID-19 en América Latina. *Rev. Panam. Salud Pública*, **46**, e5 (2022). Doi: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.5>
34. F.G. Sandmann, N.G. Davies, A. Vassall, W.J. Edmunds & M. Jit. The potential health and economic value of SARS-CoV-2 vaccination alongside physical distancing in the UK: a transmission model-based future scenario analysis and economic evaluation. *Lancet, Infect Dis.*, **21**(7), 962-974 (2021). Doi: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(21\)00079-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(21)00079-7)
35. A.M. Utami, F. Rendrayani, Q.A. Khoiry, D. Noviyanti, A.A. Suwantika, M.J. Postma & N. Zakiyah. Economic evaluation of COVID-19 vaccination: A systematic review. *J. Glob. Health*, **13**, 06001 (2023). Doi: <https://doi.org/10.7189/jogh.13.06001>
36. F. López, M. Català, C. Prats, O. Estrada, I. Oliva, N. Prat, *et al.* A cost-benefit analysis of COVID-19 vaccination in Catalonia. *Vaccines* (Basel), **10**(1), 59 (2021). Doi: <https://doi.org/10.3390/vaccines10010059>
37. A.R. Tuite, V. Ng, R. Ximenes, A. Diener, E. Rafferty, N.H. Ogden & M. Tunis. Quantifying the economic gains associated with COVID-19 vaccination. *Can. Commun. Dis. Rep.*, **49**(6), 263–273 (2023). Doi: <https://doi.org/10.14745/ccdr.v49i06a03>
38. T. Barrientos-Gutiérrez, C. Alpuche-Aranda, E. Lazcano-Ponce, C. Pérez-Ferrer & J. Rivera-Dommarco. La salud pública en la primera ola: una agenda para la cooperación ante Covid-19. *Salud Pública de México*, **62**(5), 598-606 (2020). URL: <https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v62n5/0036-3634-spm-62-05-598.pdf>
39. República de Colombia, Departamento Administrativo de la Función Pública. Decreto 457 de 2020: Por el cual se imparten instrucciones en virtud de la emergencia sanitaria generada por la pandemia del Coronavirus COVID-19 y el mantenimiento del orden público. Bogotá D. C., 2020. URL: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=110674. Accesado el 6 de octubre del 2023.

40. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución No. 385 del 12 de marzo de 2020: Por la cual se declara la emergencia sanitaria por causa del coronavirus COVID-19 y se adoptan medidas para hacer frente al virus. Bogotá D. C., 2020. URL: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%200385%20de%202020.pdf. Consultado el 6 de octubre del 2023.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

R. Niño-Castro, B.S. Arcos-Gomez, A. Franco-Sierra & D. Restrepo. Análisis costo-beneficio de las vacunas para COVID-19 en Colombia. *Rev. Colomb. Cienc. Quim. Farm.*, **54**(1), 259–271 (2025). Doi: <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v54n1.115040>