

Vacunas contra neumococo en adultos mayores en Guatemala: un análisis de costo-utilidad sobre su inclusión

Pneumococcal vaccines in older adults in Guatemala: a cost-utility analysis of their inclusion

Jaime ORDÓÑEZ¹, Ingrid SAJMOLO², Ingrid CONTRERAS-ROLDÁN^{3,*}, Mario MELGAR⁴ & Angélica ORDÓÑEZ¹

¹ Senior Researcher, True Consulting, Bogotá, Colombia

² Depto. de Infectología Pediátrica, Hospital General San Juan de Dios, Guatemala

³ Centro de Estudios en Salud, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala

⁴ Depto. de Infectología Pediátrica, Hospital Roosevelt, Ciudad de Guatemala, Guatemala

*Correspondencia: Ingrid Contreras-Roldán: (ilcontreras@uvg.edu.gt)

Recibido: 23/IX/2024; Aceptado: 13/VI/2025

Resumen: *Streptococcus pneumoniae* es causa significativa de morbilidad y mortalidad en adultos a nivel mundial. Este análisis evaluó la costo-utilidad de vacunar a la población guatemalteca mayor de 65 años con vacuna antineumocócica conjugada 13-valente (PCV13) y polisacárida 23-valente (PPSV23), estimando los beneficios clínicos y costos asociados. Se desarrolló un modelo de árbol de decisiones para simular la vacunación y sus resultados en Guatemala, en mayores de 65 años durante cinco años. Los comparadores fueron no vacunar, y vacunar con PCV13, PPSV23, PCV13+PPSV23 y PCV13+PPSV23+PPSV23. La efectividad se basó en ensayos clínicos (incluyendo un metaanálisis), costos médicos proporcionados por expertos locales y precios de las vacunas listados por OPS 2022. Las enfermedades asociadas a *S. pneumoniae* incluyeron neumonía adquirida en la comunidad (NAC), meningitis y sus complicaciones y sepsis. La efectividad se midió en años de vida ajustados por calidad (AVAC). Se realizaron análisis de sensibilidad probabilísticos. Se encontró que la estrategia PCV13 + PPSV23 mostró el mayor incremento en AVAC (20.55) con un aumento de costos de 20,326 US\$ y una probabilidad del 77.8% de ser la opción más costo-efectiva. PCV13 sola incrementó en 1.80 AVAC con un costo adicional de 12,013 US\$. La combinación PCV13+PPSV23+PPSV23, más costosa (30,052 US\$), no mejoró los AVAC respecto a PCV13+PPSV23. PPSV23 sola fue menos efectiva, con un aumento de 0.40 AVAC y costos de 9,113 US\$. La vacunación para adultos mayores de 65 años con PCV13+PPSV23 en Guatemala es una alternativa costo-efectiva frente a otras estrategias y a la no vacunación.

Palabras clave: adulto mayor, Años de vida ajustados por calidad (AVAC), costo-efectividad, neumococo, vacunación.

Abstract: *Streptococcus pneumoniae* is a significant cause of morbidity and mortality in adults worldwide. This analysis evaluated the cost-effectiveness of vaccinating the Guatemalan population over 65 years of age with the 13-valent pneumococcal conjugate vaccine (PCV13) and the 23-valent polysaccharide vaccine (PPSV23), estimating the associated clinical benefits and costs. A decision tree model was developed to simulate vaccination outcomes in Guatemala for adults over 65 over a five-year period. Comparators included no vaccination, vaccination with PCV13, PPSV23, PCV13+PPSV23, and PCV13+PPSV23+PPSV23. Effectiveness was based on clinical trials (including a meta-analysis), medical costs provided by local experts, and vaccine prices from the 2022 PAHO list. Outcomes included community-acquired pneumonia, meningitis, its complications, and sepsis. Effectiveness was measured in quality-adjusted life years (QALY). Probabilistic sensitivity analyses were performed. The PCV13+PPSV23 strategy showed the highest increase in QALY (20.55) with a cost increase of 20,326 US\$ and a 77.8% probability of being the most cost-effective option. PCV13 alone increased QALY by 1.80 at an additional cost of 12,013 US\$. The combination of PCV13+PPSV23+PPSV23, though more expensive (30,052 US\$), did not improve QALY compared to PCV13+PPSV23. PPSV23 alone was less effective, with a QALY increase of 0.40 and a cost of 9,113 US\$. Vaccinating adults over 65 years of age with PCV13+PPSV23 in Guatemala is a cost-effective alternative compared to other strategies and to no vaccination.

Key words: Cost-effectiveness, older adults, pneumococcus, Quality-Adjusted Life Years (QALYs), vaccination.

INTRODUCCIÓN

La neumonía era la principal causa de mortalidad infantil en el mundo en niños menores de cinco años a principios del siglo XXI, sin embargo, ha disminuido 22 % entre 2000 y 2015 (McAllister *et al.* 2019). Esta disminución se debe principalmente a la vacunación que inició con la vacuna neumocócica conjugada de siete valencias (PCV7). Uno de los resultados observados después de iniciar la vacunación neumocócica en niños fue su efecto rebaño en adultos mayores (Miller *et al.* 2011). En 2010 se lanzó la vacuna conjugada de 13 valencias (PCV13), la cual fue recomendada inmediatamente por el *Advisory Committee on Immunization Practices* (ACIP) para ser usada en adultos mayores (Centers for Disease Control and Prevention (CDC) & Advisory Committee on Immunization Practices 2012). En 2015 se publicaron los resultados del *Community-Acquired Pneumonia Immunization Trial in Adults* (CAPITA), que demostró la eficacia de PCV13 en la prevención de enfermedades neumocócicas en adultos mayores (Bonten *et al.* 2015). Desde entonces, muchos países han establecido la vacunación de adultos mayores como estrategia de prevención de infecciones neumocócicas y sus complicaciones en esta población.

Vacunar adultos mayores es un nuevo paradigma que enfrentan los sistemas de salud, pues se asumía que los programas de vacunación sólo eran para niños. Pero la pandemia de COVID-19 ha demostrado que la vacunación en adultos mayores es igualmente importante que en niños, sobre todo en enfermedades que afecten a esta población (Jarquin *et al.* 2023). *Streptococcus pneumoniae* (neumococo) es la principal causa de muerte por infecciones respiratorias inferiores globalmente, generando más muertes que todas las demás etiologías combinadas. Se estima que en 2016 fallecieron casi 1.2 millones de personas en todo el mundo por causa de infecciones neumocócicas, de las cuales el 45.5 % eran mayores de 70 años, mientras que el 27.4 % eran menores de cinco años (GBD 2016 Lower Respiratory Infections Collaborators 2018), reflejando el impacto positivo que ha tenido la vacunación neumocócica en menores de cinco años. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha incluido al neumococo en la lista de microorganismos prioritarios para el desarrollo de nuevos antibióticos ante la creciente resistencia a la antibioticoterapia que está presentando este microorganismo (Tacconelli *et al.* 2018).

En un escenario en el que hay un envejecimiento global de la población, con adultos mayores que son más susceptibles a morir por enfermedades neumocócicas que el resto de la población y un aumento de la resistencia bacteriana a la antibioticoterapia, se hace necesario buscar estrategias para prevenir las enfermedades neumocócicas y disminuir los costos de atención asociados. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estimar el valor clínico y económico de las vacunas neumocócicas para prevenir las infecciones por *S. pneumoniae* en adultos mayores de 65 años en Guatemala.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hizo un análisis de costo-utilidad de las vacunas neumocócicas en una cohorte hipotética de 1.000 adultos mayores de 65 años en Guatemala. Se consideraron seis estrategias de vacunación: (1) no vacunar, o vacunar con (2) PCV13, (3) dos dosis de la vacuna neumocócica polisacárida de 23 valencias (PPSV23) con cinco años de diferencia entre ambas dosis (PPSV23 + PPSV23), (4) PCV13 + PPSV23 + PPSV23 (la primera dosis de PPSV23 aplicada ocho semanas después de PCV13, y la segunda dosis de PPSV23 aplicada cinco años después de la primera), (5) PPSV23, y (6) PCV13 + PPSV23 (PPSV23 se aplica ocho semanas después de PCV13). El enfoque de este análisis económico se hizo desde la perspectiva del sistema de salud.

El horizonte temporal del modelo fue de cinco años (tiempo que debe transcurrir entre las dos dosis de PPSV23; PCV13 es una vacuna de dosis única). Los desenlaces sanitarios de la infección por *S. pneumoniae* son la neumonía adquirida en la comunidad (NAC), meningitis, sepsis, y muerte por estas causas. De igual forma, el modelo incluyó las complicaciones de corto plazo que produce la meningitis: pérdida auditiva, déficit neuropsicológico y epilepsia. El resultado se expresa en términos de Años de Vida Ajustados por Calidad (AVACs) para cada uno de los estados clínicos, para NAC hospitalaria, ambulatoria, meningitis, ITOS (infección del torrente sanguíneo), se tomaron los AVAC de Galante *et al.* (2011) y para epilepsia de Shiri *et al.* (2019). Los parámetros del estudio incluyeron las tasas de incidencia anual de NAC de manejo hospitalario y ambulatorio, así como las de meningitis e ITOS, ajustadas por las que son causadas por neumococo como agente etiológico.

La valoración de los desenlaces sanitarios se hizo con base en las tasas de incidencia anuales de NAC (separadas por tratamiento hospitalario o ambulatorio) (Vila-Corcoles *et al.* 2009), ITOS y meningitis (De La Rosa *et al.* 2016; Trocha *et al.* 2021). La eficacia de cada estrategia de prevención se aplicó a las tasas de incidencia de cada una de las infecciones neumocócicas, siendo su resultado el número de nuevos casos, complicaciones y muertes prevenidas. Para estimar los costos de atención en salud se formó un grupo asesor con médicos internistas y especialistas en infectología de Guatemala, para estimar la probabilidad y frecuencia de uso de los recursos de salud, así como sus costos en el país. El modelo económico es un árbol de decisiones que describe los resultados clínicos posibles con cada una de las estrategias evaluadas (ver Anexo 1).

La eficacia de las vacunas se ajustó a la distribución de serotipos, pues las vacunas neumocócicas sólo previenen las infecciones de los serotipos contenidos en ellas. Dado que Guatemala no tiene datos propios sobre la distribución de serotipos de neumococo en su territorio, se asumió la

distribución de serotipos de Colombia durante 2016-2020 porque ambos países son de Latinoamérica, su PIB per cápita es similar (4,603 US\$ en Guatemala y 5,333 US\$ en Colombia), y ninguno de los dos tiene un programa de vacunación nacional de neumococo en adultos (Instituto Nacional de Salud 2025). La tasa de complicaciones de la meningitis se tomó de un estudio de seguimiento de pacientes con meningitis bacteriana, asumiendo que la incidencia de estas complicaciones es independiente de la etiología de la enfermedad (Trocha *et al.* 2021). El modelo se alimentó utilizando datos extraídos de la literatura publicada dado que no se encontraron datos locales. El cálculo de costos se obtuvo consultando a expertos locales y se utilizó un promedio de los costos referidos por ellos. El detalle de los datos y las referencias utilizadas en el modelo se encuentran en el Anexo 1.

La eficacia de las vacunas se tomó de diferentes ensayos clínicos. La eficacia de PCV13 se tomó del ensayo clínico CAPITA (Bonten *et al.* 2015). PPSV23 cuenta con varios ensayos clínicos, por lo que se realizó un metaanálisis de estos para estimar su eficacia de una forma más robusta y con mayor validez externa. La Colaboración Cochrane publicó una revisión sistemática sobre PPSV23 (De la Rosa *et al.* 2016), y en esta investigación se revisaron todos los ensayos clínicos incluidos en ese estudio y se realizó un nuevo metaanálisis en el que se excluyeron los tres ensayos clínicos más antiguos. El estudio de Kaufman (1947) se excluyó porque utilizó una vacuna de tres valencias que fue hecha por los propios investigadores en el laboratorio del hospital (Kaufman 1947). El estudio de Alfageme *et al.* (1976) se excluyó porque usó como primera dosis una vacuna de seis valencias y un año después utilizó una vacuna de 13 valencias (Austrian *et al.* 1976). El estudio de Riley *et al.* (1977) se excluyó porque los aislamientos que hicieron fueron de *Diplococcus pneumoniae*, difiriendo de los ensayos clínicos hechos posteriormente (Riley *et al.* 1977). De esta forma se controlaron los sesgos de información generados por la heterogeneidad de los ensayos clínicos por la forma de medir tanto la exposición como los resultados. El tamaño de la muestra en el metaanálisis de PPSV23, para evaluar el riesgo de NAC, fue de 26,963 individuos; mientras que para evaluar el riesgo de ENI la muestra consistió en 20,196 personas. El Cuadro 1 presenta la eficacia de las vacunas neumocócicas según el resultado clínico.

RESULTADOS

Los datos obtenidos (Cuadro 1) indican que es más costosa una neumonía hospitalaria pero tiene un AVAC más alto en comparación con Meningitis e ITOS que tienen los AVAC más bajos. Si se desarrolla una resistencia antimicrobiana en estas patologías, los costos se triplican.

Cuadro 1. Costos de atención en salud de las infecciones neumocócicas y sus complicaciones en Guatemala, 2021 y años de vida ajustados por calidad (AVACs) de los diferentes estados clínicos generados por las infecciones neumocócicas y sus complicaciones.

Table 1. *Healthcare costs of pneumococcal infections and their complications in Guatemala, 2021, and Quality-Adjusted Life Years (QALYs) of the different clinical states caused by pneumococcal infections and their complications.*

Eventos clínicos	Costo (USD)	AVAC1
NAC ² hospitalaria	5,372 US\$	0.309
NAC ambulatoria	73 US\$	0.412
Meningitis	3,323 US\$	0.200
ITOS ³	4,077 US\$	0.200
Audífonos (Audinsa, s.f.)	963 US\$	
Atención especializada (neurología, ORL ⁴)	2,065 US\$	
Déficit neuropsicológico	4,130 US\$	
Epilepsia (Allers <i>et al.</i> 2015)	877 US\$	0.390
RAM ⁵ en NAC	16,116 US\$	
RAM en meningitis	9,969 US\$	
RAM en ITOS	12,231 US\$	

¹ Años de vida ajustados por calidad; ² Neumonía adquirida en la comunidad; ³ Infección del torrente sanguíneo; ⁴ Otorrinolaringología; ⁵ Resistencia antimicrobiana.

La estrategia de vacunación con un costo total más bajo es PPSV23 sola, pero es la estrategia que menos AVACs gana (Cuadro 2). La estrategia que más AVAC gana es PCV13+PPSV23 y PCV13+ PPSV23+PPSV23, teniendo la primera un costo menor que la segunda.

El análisis probabilístico con 1,000 simulaciones de Montecarlo muestra que PCV13 y PCV13 + PPSV23 son las opciones que generan más AVAC, pero son más bajos los costos de PCV13 sola. Las curvas de disponibilidad a pagar señalan que la estrategia PCV13 + PPSV23 tiene un 77.8 % de ser la mejor estrategia de vacunación contra el neumococo en adultos mayores de 65 años en Guatemala, seguida de la estrategia PCV13 + PPSV23 + PPSV23 (cinco años después) con una probabilidad de 15.7 %, versus el 6.3 % de probabilidad que tiene la estrategia de no vacunar (Fig. 1).

Cuadro 2. Costos totales, AVACs totales e ICER (Razón incremental de costo-efectividad) de las diferentes estrategias de vacunación neumocócica versus no vacunar en una cohorte de 1,000 adultos mayores de 65 años en Guatemala, 2021 (costos en US\$).

Table 2. Total costs, total QALYs and ICERs of different pneumococcal vaccination strategies versus no vaccination in a cohort of 1,000 adults over 65 years of age in Guatemala, 2021 (costs in US\$).

Resultados	No vacunar	PCV13 ¹	PCV13 + PPSV23 ²	PCV13 + PPSV23 + PPSV23	PPSV23	PPSV23 + PPSV23
Costo de las vacunas	0	15,655	25,381	35,108	9,726	19,453
Costo de los eventos en salud	15,778	12,135	10,721	10,772	15,164	15,156
Costos totales	15,778	27,790	36,103	45,830	24,890	34,609
AVACs ³ totales	3,645	3,660	3,666	3,666	3,645	3,645
Δ costos	-	12,013	20,326	30,052	9,113	18,831
Δ AVACs	-	14.80	20.55	20.55	0.40	0.41
ICER ⁴	-	11	989	1,463	22,744	46,419

¹ Vacuna antineumocócica conjugada 13-valente; ² Vacuna polisacárida 23-valente; ³ Años de vida ajustados por calidad; ⁴ Razón incremental de costo-efectividad.

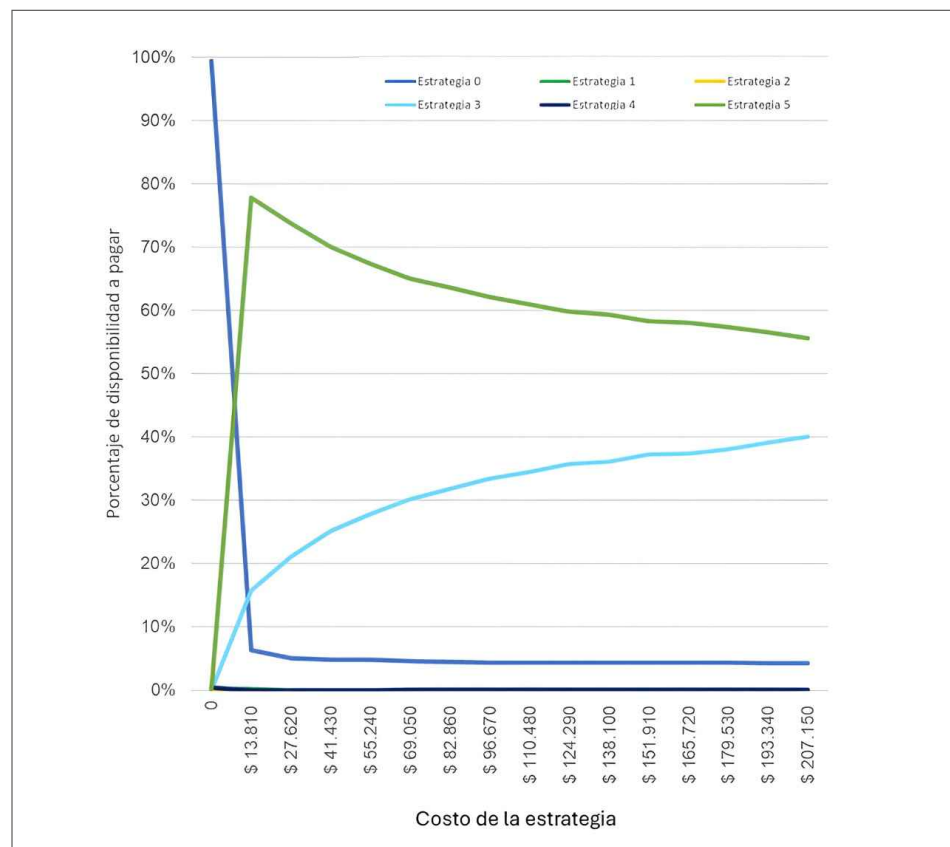


Figura 1. Curvas de disponibilidad a pagar de las diferentes estrategias de vacunación contra neumococo en adultos mayores de 65 años en Guatemala, 2021.

Figure 1. Availability-to-pay curves for different vaccination strategies against pneumococcal disease in adults over 65 years of age in Guatemala, 2021.

DISCUSIÓN

Vacunar a los adultos mayores de 65 años con el esquema PCV13 + PPSV23 es una estrategia altamente costo-efectiva en Guatemala, y su ICER es muy inferior a 1 PIB per cápita. Asimismo, el esquema de vacunación con PCV13 + PPSV23 más una segunda dosis de PPSV23 cinco años después también es una estrategia altamente costo-efectiva, aunque su ICER es casi 50 % superior al de la primera estrategia. Estos resultados son similares a las recomendaciones hechas por la ACIP en 2019, sobre la vacunación en adultos mayores de 65 años (Matanock *et al.* 2020). Aunque esta recomendación fue hecha por la ACIP, al refrendar estos resultados con los costos del sistema de salud de Guatemala, se puede contar con información robusta para apoyar las decisiones de vacunación en el país.

Las tres estrategias de vacunación que incluyen PCV13 son altamente costo-efectivas: PCV13 sola, PCV13+ PPSV23 y PCV13+PPSV23+PPSV23, y de estas, la primera fue la opción más costo-efectiva en el análisis determinístico. En las curvas de disponibilidad a pagar tienen más probabilidad las opciones que suman PPSV23 a PCV13, pues el costo de agregarla es bajo, en comparación con el beneficio que ofrece. La estrategia de vacunación, que definitivamente no es costo-efectiva en Guatemala, es la de usar una o dos dosis de PPSV23 sin PCV13, pues el ICER de ambas opciones es superior a tres PIB per cápita. Esto significa que cualquier estrategia de vacunación contra el neumococo a adultos mayores en Guatemala debe incluir a PCV13, idealmente en combinación con PPSV23.

Esta costo-efectividad de PCV13 se debe a la eficacia clínica que tiene contra la NAC, que es la manifestación clínica más frecuente de las infecciones neumocócicas (98.7 %). Aunque PPSV23 incluye más serotipos, no ha demostrado eficacia clínica contra la NAC. Conclusiones similares sobre la baja eficacia de PPSV23 para la prevención de la NAC ya han sido reportadas en otros metaanálisis, incluyendo el de la Colaboración Cochrane (Diao *et al.* 2016). Por otro lado, PPSV23 sí ha mostrado eficacia clínica en la prevención de ENI, lo que justifica su uso conjunto con PCV13 como estrategia de vacunación en los adultos mayores de 65 años.

Las dos fortalezas más importantes de este modelo son: (1) incluir en los resultados la RAM y (2) haber estimado los costos por medio de un comité asesor con expertos clínicos locales. La RAM es un problema de salud pública que está en constante aumento en todo el mundo, complicando el uso de antimicrobianos, poniendo en riesgo la vida de los pacientes y aumentando los costos de atención en salud. Una de las estrategias para disminuir el impacto económico y sobre la salud pública que tiene la RAM, es prevenir las infecciones por medio de programas de vacunación masivos.

La principal debilidad de este modelo es que no cuenta con datos de la distribución de serotipos de neumococo en Guatemala, por lo que tuvo que asumirse la de otro país latinoamericano (Colombia). Es de esperar que este tipo de

estudios impulsen a las autoridades sanitarias a desarrollar sistemas de vigilancia epidemiológica que permitan aislar los serotipos de los neumococos que circulan en el país. Considerando la eficacia que tiene PCV13 sobre la NAC, este supuesto no debe afectar mucho los resultados, pero para que estos sean más exactos, sería mejor hacer el análisis con datos propios del país.

En conclusión, un programa de vacunación masiva contra neumococo para adultos mayores en Guatemala con PCV13 + PPSV23 es altamente costo-efectivo porque previene NAC y ENI causadas por el neumococo, mejorando la calidad de vida de la población. Esto permitiría al sistema de salud del país utilizar los escasos recursos hospitalarios en la atención de otras patologías que no sean inmunoprevenibles.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó con el apoyo de un grant sin restricciones de Pfizer, quien no tuvo participación en el desarrollo, presentación de resultados ni conclusiones del mismo.

REFERENCIAS

- Alfageme, C. R., Rudkin, G. T. & Cohen, L. H. (1976). Locations of chromosomal proteins in polytene chromosomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 73(6): 2038-2042. <https://doi.org/10.1073/pnas.73.6.2038>
- Allers, K., Essue, B. M., Hackett, M. L., Muhunthan, J., Anderson, C. S., Pickles, K., Scheibe, F. & Jan, S. (2015). The economic impact of epilepsy: a systematic review. *BMC Neurology* 15(245): 245. <https://doi.org/10.1186/s12883-015-0494-y>
- Audinsa. (n.d.). Productos. Guatemala. [<https://audinsa.com.gt/>]. Accesado: 10 de junio 2025.
- Austrian, R., Douglas, R. M., Schiffman, G., Coetzee, A. M., Koornhof, H. J., Hayden-Smith, S. & Reid, R. D. (1976). Prevention of pneumococcal pneumonia by vaccination. *Transactions of the Association of American Physicians* 89: 184-194.
- Bonten, M. J. M., Huijts, S. M., Bolkenbaas, M., Webber, C., Patterson, S., ... & Grobbee, D. E. (2015). Polysaccharide conjugate vaccine against pneumococcal pneumonia in adults. *The New England Journal of Medicine* 372(12): 1114-1125. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1408544>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2012). Licensure of 13-valent pneumococcal conjugate vaccine for adults aged 50 years and older. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 61(21): 394-395.
- De La Rosa, G., León, A. L. & Jaimes, F. (2016). Epidemiología y pronóstico de pacientes con infección del torrente sanguíneo en 10 hospitales de Colombia. *Revista Chilena de Infectología* 33(2): 141-149. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182016000200003>.
- Diao, W., Shen, N., Yu, P., Liu, B. & He, B. (2016). Efficacy of 23-valent pneumococcal polysaccharide vaccine in preventing community-acquired pneumonia among immunocompetent adults: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Vaccine* 34(13): 1496-1503. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.02.023>

- Galante, J., Augustovski, F., Colantonio, L., Bardach, A., Caporale, J., Marti, S. G. & Kind, P. (2011). Estimation and comparison of EQ-5D health states' utility weights for pneumococcal and human papillomavirus diseases in Argentina, Chile, and the United Kingdom. *Value in Health* 14(5): S60-S64. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2011.05.007>.
- GBD 2016 Lower Respiratory Infections Collaborators. (2018). Estimates of the global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of lower respiratory infections in 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Infectious Diseases* 18(11): 1191-1210.
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2025). Vigilancia por laboratorio de *Streptococcus pneumoniae* en Colombia 2016-2021. [<https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.29274392>]. Accesado: 08 de junio 2025.
- Jarquín, C., Quezada, L. F., Góber, L., Balsells, E. & Rondy, M. (2023). Early impact of COVID-19 vaccination on older populations in four countries of the Americas, 2021. *Revista Panamericana de Salud Pública* 47: e122. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2023.122>
- Kaufman, P. (1947). Pneumonia in old age. *Archives of Internal Medicine* 79(5): 518-531. <https://doi.org/10.1001/archinte.1947.00220110058004>
- Matanock, A., Lee, G., Gierke, R., Kobayashi, M., Leidner, A. & Pilishvili, T. (2020). Use of 13-valent pneumococcal conjugate vaccine and 23-valent pneumococcal polysaccharide vaccine among adults aged ≥65 years: Updated recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 68(5152): 1195. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm685152a3>
- McAllister, D. A., Liu, L., Shi, T., Chu, Y., Reed, C., Burrows, J., Adeboye, D., Rudan, I., Black, R. E., Campbell, H. & Nair, H. (2019). Global, regional, and national estimates of pneumonia morbidity and mortality in children younger than 5 years between 2000 and 2015: a systematic analysis. *The Lancet Global Health* 7(1): e47-e57. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30408-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30408-X)
- Miller, E., Andrews, N. J., Waight, P. A., Slack, M. P. & George, R. C. (2011). Herd immunity and serotype replacement 4 years after seven-valent pneumococcal conjugate vaccination in England and Wales: an observational cohort study. *The Lancet Infectious Diseases* 11(10): 760-768. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(11\)70090-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70090-1).
- Riley, I. D., Andrews, M., Howard, R., Tarr, P. I., Pfeiffer, M., Challands, P., Jennison, G., & Douglas, R. M. (1977). Immunisation with a polyvalent pneumococcal vaccine. *The Lancet* 309(8026): 1338-1341. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(77\)92552-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(77)92552-1)
- Shiri, T., Khan, K., Keaney, K., Mukherjee, G., McCarthy, N. D. & Petrou, S. (2019). Pneumococcal disease: A systematic review of health utilities, resource use, costs, and economic evaluations of interventions. *Value in Health* 22(11): 1329-1344. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2019.06.011>
- Tacconelli, E., Carrara, E., Savoldi, A., Harbarth, S., Mendelson, M., ... & Zorzet, A. (2018). Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *The Lancet Infectious Diseases* 18(3): 318-327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
- Trocha, G., Ramírez, N., Cerón, N. & Romero, C. (2021). Meningitis bacteriana aguda del adulto adquirida en la comunidad. *Acta Neurológica Colombiana* 37(1; Supl. 1): 55-63. <https://doi.org/10.22379/24224022335>
- Vila-Corcoles, A., Ochoa-Gondar, O., Rodríguez-Blanco, T., Raga-Luria, X., Gomez-Bertomeu, F. & EPIVAC Study Group. (2009). Epidemiology of community-acquired pneumonia in older adults: a population-based study. *Respiratory Medicine* 103(2): 309-316. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2008.08.006>

ANEXO 1

Datos utilizados para el modelo de costo utilidad

En cuanto a neumonía, para NAC hospitalaria la incidencia anual es de 1.5% (Vila-Corcoles *et al.* 2009), proporción de neumococo de 27.6% (Chaparro *et al.* 1989; Vélez *et al.* 2006) con una tasa de incidencia anual de enfermedad neumocócica de 4.030 x millón; para NAC ambulatoria la incidencia anual es de 0.5% (Vila-Corcoles *et al.* 2009), proporción de neumococo de 27.6% (Chaparro *et al.* 1989; Vélez *et al.* 2006), con una tasa de incidencia anual de enfermedad neumocócica de 1.352 x millón; para ITOS la incidencia anual es de 0.2% (De la Rosa *et al.* 2016), proporción de neumococo de 3.0% (De la Rosa *et al.* 2016), con una tasa de incidencia anual de enfermedad neumocócica de 64.7 x millón y, para meningitis la incidencia anual es de 0.0009% (Trocha *et al.* 2021), proporción de neumococo de 58.8% (Instituto Nacional de Salud 2021) y una tasa de incidencia anual de enfermedad neumocócica de 5.5 x millón.

En un estudio realizado en tres hospitales de Bogotá, se determinó que el riesgo de letalidad (riesgo de fallecer de los infectados) por causa de las enfermedades neumocócicas, para NAC fue de 21%, para meningitis 33%, y para ITOS 48% (Calderón & Dennis 2013). El riesgo de desarrollar resistencia antimicrobiana (RAM, por sus siglas en inglés) en pacientes adultos con enfermedades neumocócicas, ajustadas por evento clínico fue de 11.4% para NAC, 58.6% para meningitis, y de 11.4% para ITOS (Instituto Nacional de Salud 2025). Los riesgos de secuelas clínicas por causa de meningitis fueron pérdida auditiva (42%), déficit neuropsicológico (32%), y epilepsia (5%) (Trocha *et al.* 2021).

Los costos de las diferentes estrategias de vacunación se calcularon con base en el precio de las vacunas, según el listado de la Organización Panamericana de la Salud. El modelo asume que el costo de aplicación de cada vacuna es US\$ 1; los costos se describen en US\$. Para el año 2021, para PCV13 el costo fue de 15.7 US\$; PPSV23 + PPSV23 (5 años de diferencia) 19.5 US\$; PCV13+ PPSV23 + PPSV23 35.1 US\$; PPSV23 9.7 US\$; PCV13 + PPSV23 25.4 US\$ (Pan American Health Organization 2021).

El modelo económico asume que los pacientes tienen 0.742 AVACs de base (Sisk *et al.* 2003), pues son pacientes adultos mayores, la mayoría de los cuales pueden tener una enfermedad crónica.

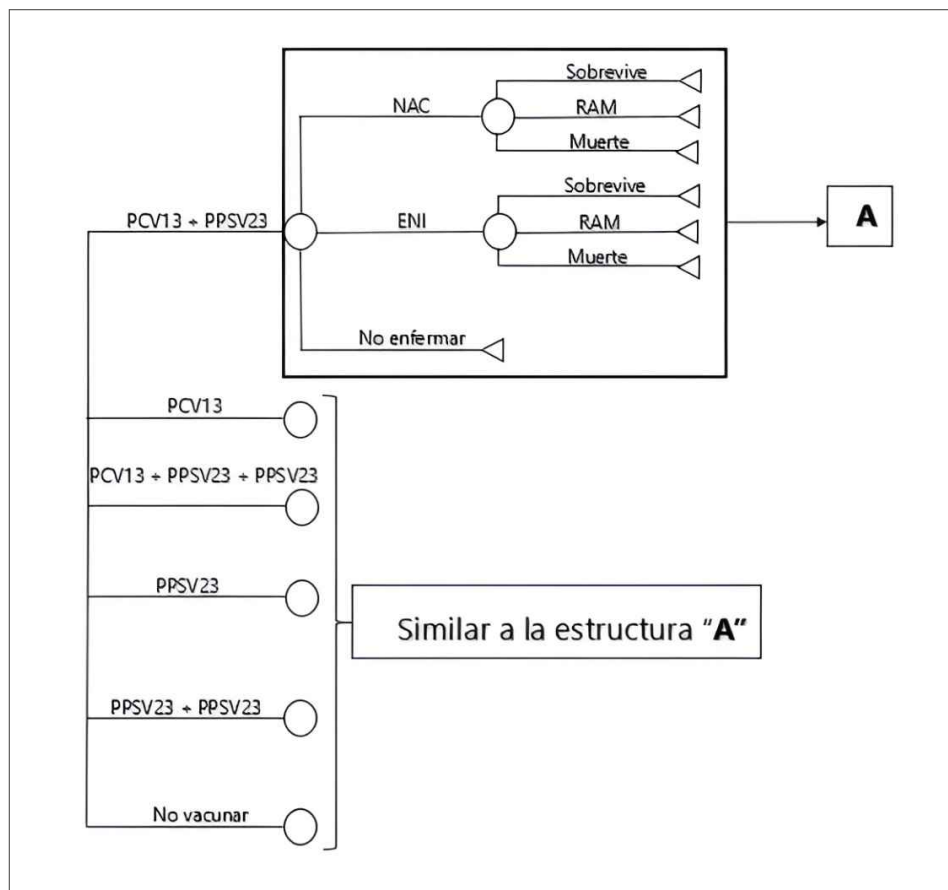


Figura A1. Estructura del árbol de decisiones de las estrategias de vacunación en adultos mayores en Guatemala, 2021.

*ENI: Enfermedad neumocócica invasiva; ≠RAM: Resistencia antimicrobiana.

Figure A1. Structure of the decision tree for vaccination strategies in older adults in Guatemala, 2021. * ENI: Invasive pneumococcal disease; ≠RAM: Antimicrobial resistance.

Para caracterizar la incertidumbre se hicieron 1,000 simulaciones de Montecarlo y se estimaron las curvas de disponibilidad a pagar, con un umbral de disponibilidad a pagar de tres veces el producto interno bruto per cápita (13,810 US\$).

El Cuadro A1 presenta la efectividad estimada de las vacunas neumocócicas ajustada por la distribución de serotipos. La eficacia de las vacunas neumocócicas es específica para los serotipos contenidos en ellas, por lo que, para estimar la efectividad, debe ajustarse la eficacia según la distribución de

los serotipos en la región. Desafortunadamente no hay datos de vigilancia epidemiológica de *S. pneumoniae* ni en Guatemala ni en países de la región de Centroamérica y el Caribe. Para estimar la efectividad, este modelo asume que la distribución de serotipos de neumococo en adultos en Guatemala es similar a la de Colombia durante 2016-2020. Este supuesto se fundamenta en que ambos países son latinoamericanos, su PIB per cápita es similar (4,603 US\$ en Guatemala y 5,333 US\$ en Colombia), y ninguno de los dos tiene un programa de vacunación nacional de neumococo en adultos.

Cuadro A1. Cuadro A1. Eficacia clínica de las vacunas neumocócicas para prevenir la neumonía adquirida en la comunidad (NAC) y la enfermedad neumocócica invasiva (ENI) y efectividad de PCV13, ajustada según la distribución de serotipos de neumococo.

Table A1. Table A1. Clinical efficacy of pneumococcal vaccines to prevent community-acquired pneumonia (CAP) and invasive pneumococcal disease (IPD) and effectiveness of PCV13, adjusted for pneumococcal serotype distribution.

Resultado clínico	Estrategia de vacunación	Eficacia	RR (IC 95 %)	Referencia	Eficacia ajustada de distribución de serotipos	% de distribución de serotipos (Instituto Nacional de Salud (INS) 2021, 2025)	Efectividad clínica
	PCV13	45.6%	0.5 (0.375-0.782)	Bonten <i>et al.</i> (2015)	45.6 %	47.4 %	21.6 %
NAC	PPSV23	0 %	0.9 (0.854-1.028)	Austrian (1980); Gaillat <i>et al.</i> (1985); Örtqvist <i>et al.</i> (1998); Kawakami <i>et al.</i> (2010)	0 %	61.7 %	0 %
	PCV13+PPSV23				45.6 %	47.4 %*	21.6 %
ENI	PCV13	75.0 %	0.3 (0.092-0.586)	Bonten <i>et al.</i> (2015)	75.0 %	47.4 %	35.5%
	PPSV23	67.1 %	0.3 (0.120-0.905)	Leech <i>et al.</i> (1987); Kawakami <i>et al.</i> (2010)	67.1 %	61.6 %	41.4 %
	PCV13+PPSV23				75 %	65.8 %	47.9 %

* Se asumió la misma distribución de serotipos de PCV13 para PCV13+PPSV23 porque la eficacia de PPSV23 en el metaanálisis es 0 %.

REFERENCIAS

- Austrian R. (1980). *Surveillance of pneumococcal infection for field trials of polyvalent pneumococcal vaccines*. [report no. DAB-VDP-12-84]. National Institute of Allergy and Infectious Diseases, Bethesda (MD), EE.UU.
- Bonten, M. J. M., Huijts, S. M., Bolkenbaas, M., Webber, C., Patterson, S., Gault, S., van Werkhoven, C. H., van Deursen, A. M. M., Sanders, E. A. M., Verheij, T. J. M., Patton, M., McDonough, A., Moradoghli-Haftvani, A., Smith, H., Mellelieu, T., Pride, M. W., Crowther, G., Schmoelle-Thoma, B., Scott, D. A., ... Grobbee, D. E. (2015). Polysaccharide conjugate vaccine against pneumococcal pneumonia in adults. *The New England Journal of Medicine* 372(12): 1114-1125. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1408544>
- Calderón, C. & Dennis, R. (2013). Costos económicos de neumonía adquirida en comunidad, meningitis y bacteriemia por *Streptococcus pneumoniae* en una población adulta que requirió hospitalización en Bogotá, Colombia. *Biomédica* 34(1): 92-101. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i1.1553>
- Chaparro, C., Ortega, H., Torres, C. A. & Giraldo, H. (1989). Neumonía adquirida en la comunidad. *Revista Colombiana de Neumología* 1: 17-24.
- De La Rosa, G., León, A. L. & Jaimes, F. (2016). Epidemiología y pronóstico de pacientes con infección del torrente sanguíneo en 10 hospitales de Colombia. *Revista Chilena de Infectología* 33(2): 141-149. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182016000200003>
- Gaillat, J., Zmirou, D., Mallaret, M. R., Rouhan, D., Bru, J. P., Stahl, J. P., Delormas, P., & Micoud, M. (1985). Clinical trial of an antipneumococcal vaccine in elderly subjects living in institutions. *Revue d'épidémiologie et de Santé Publique* 33(6): 437-444. [Artículo en francés].
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2021). Boletín Epidemiológico Semanal. Meningitis. Semana epidemiológica 39. Instituto Nacional de Salud. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29263490>. Accesado: 08 de junio 2025.
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2025). Vigilancia por laboratorio de *Streptococcus pneumoniae* en Colombia 2016-2021. <https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.29274392>. Accesado: 08 de junio 2025.
- Kawakami, K., Ohkusa, Y., Kuroki, R., Tanaka, T., Koyama, K., Harada, Y., Iwanaga, K., Yamaryo, T. & Oishi, K. (2010). Effectiveness of pneumococcal polysaccharide vaccine against pneumonia and cost analysis for the elderly who receive seasonal influenza vaccine in Japan. *Vaccine* 28(43): 7063-7069. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.08.010>

- Leech, J. A., Gervais, A. & Ruben, F. L. (1987). Efficacy of pneumococcal vaccine in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Canadian Medical Association Journal* 136(4): 361-365.
- Örtqvist, Å., Hedlund, J., Burman, L.-Å., Elbel, E., Höfer, M., Leinonen, M., Lindblad, I., Sundelöf, B. & Kalin, M. (1998). Randomised trial of 23-valent pneumococcal capsular polysaccharide vaccine in prevention of pneumonia in middle-aged and elderly people. *The Lancet* 351(9100): 399-403. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(97\)07358-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(97)07358-3)
- Pan American Health Organization. (2021). Expanded program of immunization. Vaccines prices for year 2021. [<https://www.paho.org/en/documents/paho-revolving-fund-vaccine-prices-2021>]. Accesado: 25 de abril 2025.
- Sisk, J. E., Whang, W., Butler, J. C., Sneller, V.-P. & Whitney, C. G. (2003). Cost-Effectiveness of Vaccination against invasive pneumococcal disease among people 50 through 64 years of age: Role of comorbid conditions and race. *Annals of Internal Medicine* 138(12): 960-968. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-138-12-200306170-00007>
- Trocha, G., Ramírez, N., Cerón, N. & Romero, C. (2021). Meningitis bacteriana aguda del adulto adquirida en la comunidad. *Acta Neurológica Colombiana* 37(1; Supl. 1): 55-63. <https://doi.org/10.22379/24224022335>
- Vélez, L., Rueda, Z., Aguilar, Y., Ortega, H., Montufar, F. & Arroyave, M. (2006). Caracterización clínica y etiológica de NAC, Valle de Aburrá. *Infectio* 10: 103.
- Vila-Corcoles, A., Ochoa-Gondar, O., Rodriguez-Blanco, T., Raga-Luria, X., Gomez-Bertomeu, F., & EPIVAC Study Group. (2009). Epidemiology of community-acquired pneumonia in older adults: a population-based study. *Respiratory Medicine* 103(2): 309-316. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2008.08.006>